

The background of the entire page is a photograph of the Triangle Tower, a tall, modern skyscraper with a distinctive triangular top and a curved, glass-enclosed section in the middle. The building is set against a clear blue sky. The text is overlaid on this image.

DEFINITIEVE VERSIE

AFSTUDEEROPDRACHT

TRIANGLE TOWER

PERSONENLIFTEN

EINDRAPPORT

FEBRUARI 2008

ROEL VAN DER KOOLJ
1024523

DEFINITIEVE VERSIE

AFSTUDEEROPDRACHT

TRIANGLE TOWER

PERSONENLIFTEN

EINDRAPPORT

FEBRUARI 2008

AFSTUDEERCOMMISSIE:
PROF.DIPL.-ING. J.N.J.A. VAMBERSKY
IR. A. TE BOVELDT
IR. A.C. VAN DER LINDEN

ROEL VAN DER KOOIJ
1024523

VOOR WILLEMIJN

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van het afstudeeropdracht *TriAngle Tower; Personenliften*. Dit eindrapport is gemaakt ten behoeve van het afstuderen aan de mastervariant Building Engineering aan de faculteit Civiele Techniek aan de Technische Universiteit te Delft.

Deze afstudeeropdracht bestaat uit drie onderdelen en ook uit drie rapporten. Dit zijn *TriAngle Tower; Constructieve Analyse*, *TriAngle Tower; Personenliften* en *TriAngle Tower; Windhinder op Voetgangersniveau*.

Dit afstudeerwerk is tot stand gekomen naar aanleiding van een project van *De Wilgen Vastgoed Rotterdam BV*. Zij hebben samen met *Sramota en Naaijen Architecten BV & SV interieurgroep BV* een bouwkundig ontwerp gemaakt van de TriAngle Tower. Dit bouwkundig ontwerp is vervolgens naar *Corsmit Raadgevend Ingenieursbureau BV* gegaan om het verder constructief te ontwerpen. Tot op dit moment is dat echter nog niet gedaan aangezien er nog geen huurder is gevonden voor dit grote project. Aan de hand van het bouwkundig ontwerp is een afstudeeropdracht geformuleerd. In dit rapport worden de personenliften in de TriAngle Tower te Rijswijk behandeld.

Tot slot een woord van dank. Ten eerste wil ik dhr. L. de Ruijsscher bedanken voor zijn steun en uitleg tijdens dit deel van mijn afstudeeropdracht. Ook wil ik mijn afstudeercommissie, deze bestaat uit Prof.dipl.-ing. J.N.J.A. Vambersky, Ir. A. te Boveldt en Ir. A.C. van der Linden, bedanken voor het sturen en begeleiden van deze opdracht. Tot slot wil ik mijn moeder bedanken, die dit rapport taaltechnisch zeer kritisch heeft doorgenomen.

Februari 2008,

Roel van der Kooij

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	5
1. Inleiding	7
2. Afbakening van de afstudeeropdracht	9
2.1 Probleemanalyse	9
2.2 De Probleemstelling	9
2.3 De Doelstelling	10
3. Systemen van personenliften	11
3.1 Verkeersstromen van personen in een gebouw	11
3.2 Het gebruik van liftzones	12
3.3 Soorten personenliften	14
3.3.1 Tractieliften	15
3.3.2 Hydraulische liften	17
3.4 Besturingssystemen van personenliften	19
4. Liftkarakteristieken	21
4.1 Eigenschappen van personenliften	21
4.2 Beoordelingsgrootheden van personenliften	22
5. Ruimtelijk ontwerp	24
6. Het Programma van Eisen	30
7. Alternatieven voor het systeem van personenliften	31
7.1 Alternatief I: het nulalternatief	33
7.2 Alternatief II: 2 zones B	34
7.3 Alternatief III: 3 zones A	36
7.4 Alternatief IV: 2 zones C	38
7.5 Alternatief V: 2 zones D	40
7.6 Alternatief VI: 2 zones E	42
7.7 Samenvatting alternatieven	43
8. Conclusie	46
9. Aanbevelingen	48
Literatuurlijst	49
Bijlagen	De bijlagen zijn in een aparte bundel opgenomen genaamd <i>afstudeeropdracht; TriAngle Tower; Personenliften; Eindrapport; Bijlagen</i> .

Samenvatting

De TriAngle Tower wordt een kantorencomplex, waar een ruimtelijk ontwerp voor gemaakt is. De TriAngle Tower wordt in de Plaspoelpolder te Rijswijk gebouwd. Het gebouw wordt 144 meter hoog en heeft een oppervlakte van 40.000 vierkante meter. In de TriAngle Tower zullen naast kantoren ook restaurants, auditoria, sportfaciliteiten en parkeergelegenheid worden geplaatst.

In hoofdstuk 2 *Afbakening van de afstudeeropdracht* is aan de hand van de probleemanalyse en de probleemstelling, de doelstelling geformuleerd. De doelstelling van dit rapport luidt:

Onderzoek of het systeem van personenliften in de TriAngle Tower uit het ruimtelijk ontwerp voldoet aan het Programma van Eisen.

Als het systeem van personenliften niet voldoet aan het Programma van Eisen, ontwerp dan een systeem van personenliften dat wel voldoet aan het Programma van Eisen.

In hoofdstuk 3 *Systemen van personenliften* zijn verschillende eigenschappen van het systeem van personenliften gegeven. In de eerste paragraaf zijn de verkeersstromen van personen in een gebouw behandeld, waarna het gebruik van liftzones in de tweede paragraaf is uitgelegd. In de derde paragraaf zijn twee soorten personenliften behandeld, te weten:

- de tractieliften;
- de hydraulische liften.

In de vierde paragraaf zijn tenslotte vijf besturingssystemen van personenliften weergegeven.

In hoofdstuk 4 *Liftkarakteristieken* zijn in de eerste paragraaf de belangrijkste eigenschappen van personenliften gegeven, waarna in de tweede paragraaf de beoordelingsgrootheden van het systeem van personenliften behandeld zijn. In hoofdstuk 5 *Ruimtelijk ontwerp* is het ruimtelijk ontwerp van de TriAngle Tower weergegeven.

In hoofdstuk 6 *Het Programma van Eisen* zijn de gebruikseisen voor de verschillende typen gebruikers gedefinieerd. De belangrijkste eisen uit dit hoofdstuk staan in onderstaande tabel (zie tabel S.1).

tabel S.1: de minimale gebruikseisen per type gebruiker

type gebruiker of gebruikers	AIT ¹	5MHC ²
meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip	≤ 35 s	≥ 10 %
meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip	≤ 35 s	≥ 18 %
1 gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip	≤ 30 s	≥ 12 %
1 gebruiker met controle op aanvangstijdstip	≤ 30 s	≥ 18 %

In hoofdstuk 7 *Alternatieven voor het systeem van personenliften* zijn zes alternatieven behandeld, waaronder het nulalternatief. Bij deze verschillende alternatieven is de TriAngle Tower verdeeld in twee of drie zones, waarbij elk alternatief een verschillend aantal verdiepingen per zone telt. In de laatste paragraaf zijn de zes alternatieven samengevat.

In hoofdstuk 8 *Conclusie* is de conclusie van dit rapport weergegeven. Uit de conclusie blijkt dat bij elk type gebruiker verschillende alternatieven het best voldoen aan de gebruikseisen uit het Programma van Eisen. Het nulalternatief voldoet alleen aan de gebruikseisen, die opgesteld zijn als de TriAngle Tower gebruikt wordt door meerdere gebruikers zonder

¹ AIT = Average Interval Time oftewel de intervaltijd

² 5MHC = 5 Minute Handling Capacity oftewel de 5 minuten vervoerscapaciteit

aanvangscontrole. Als de Triangle Tower gebruikt wordt door andere typen gebruikers moeten extra maatregelen ten opzichte van het nulalternatief worden getroffen om te voldoen aan het Programma van Eisen. Deze maatregelen zijn afhankelijk van het type gebruiker en zijn:

- meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip: geen maatregelen;
- meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip: twee extra personenliften;
- één gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip: één extra personenlift;
- één gebruiker met controle op aanvangstijdstip: drie extra personenliften.

In hoofdstuk 9 *Aanbevelingen* zijn aanbevelingen betreffende het ruimtelijk ontwerp gegeven. Daarnaast zijn ook aanbevelingen betreffende de gemaakte uppeak-berekeningen gedaan.

1 Inleiding

In het Businesspark Plaspoelpolder te Rijswijk staan momenteel veel gebouwen, die gebruikt worden voor kantoorgelegenheid. Hierdoor is deze wijk een uitstekende plek voor bedrijven om zich te vestigen. Dit komt onder andere door het feit, dat er veel bedrijven bij elkaar zitten en zij gebruik kunnen maken van wederzijdse diensten. Daarnaast is deze wijk goed bereikbaar en gelegen in de nabijheid van een grote stad.

Het is dan ook niet verwonderlijk dat er steeds nieuwe ontwerpen voor kantoorgebouwen in deze wijk worden gemaakt. Zo is er ook een architectonisch ontwerp gemaakt voor de zogeheten TriAngle Tower.

De TriAngle Tower is een kantorencomplex met een oppervlakte van 40.000 vierkante meter en een toren van 144 meter hoog. Hiermee zal de TriAngle Tower het hoogste gebouw van de Plaspoelpolder worden. Door deze grote hoogte en het uiterlijk van dit gebouw zal de TriAngle Tower een opvallende verschijning en landmark worden. In dit gebouw zullen naast kantoren ook restaurants, auditoria, sportfaciliteiten en parkeergelegenheid worden geplaatst.



figuur 1.1: artist impression van de oostzijde van de TriAngle Tower [4.1]

Zoals reeds vermeld, is van de TriAngle Tower een ruimtelijk ontwerp gemaakt. Dit ontwerp ligt momenteel op de plank en wordt in afwachting van huurders verder ontworpen. Tijdens deze afstudeeropdracht is de TriAngle Tower constructief geanalyseerd. Daarnaast is een studie naar de personenliften in de TriAngle Tower gedaan. Tot slot is ook de windhinder op voetgangersniveau rond de TriAngle Tower bekeken. In dit rapport is het tweede onderdeel van deze afstudeeropdracht behandeld, oftewel de personenliften in de TriAngle Tower.

In het tweede hoofdstuk van dit rapport is de afbakening van dit onderdeel van de afstudeeropdracht uitgewerkt. In dit hoofdstuk is de probleemanalyse, de probleemstelling en de doelstelling behandeld.

In het derde hoofdstuk zijn verschillende systemen van personenliften behandeld. Dit is gedaan door de belangrijkste eigenschappen van het systeem van personenliften te behandelen, die van invloed zijn op het systeem van personenliften. In het vierde hoofdstuk zijn een aantal liftkarakteristieken behandeld. In de eerste paragraaf van dit hoofdstuk zijn een aantal eigenschappen van personenliften behandeld. In de tweede paragraaf van dit

hoofdstuk zijn de grootheden behandeld, die gebruikt worden om het systeem van personenliften te kunnen beoordelen.

In het vijfde hoofdstuk is per verdieping het architectonisch ontwerp behandeld. In het zesde hoofdstuk is het Programma van Eisen gegeven. Vervolgens zijn in het zevende hoofdstuk de verschillende alternatieven voor het systeem van personenliften resultaten behandeld. In het achtste hoofdstuk is de conclusie weergegeven, waarna in het negende en tevens laatste hoofdstuk de aanbevelingen behandeld zijn.

Na dit laatste hoofdstuk is de literatuurlijst ingevoegd. De bijlagen zijn opgenomen in een aparte bundel genaamd *afstudeeropdracht; TriAngle Tower; Personenliften; Eindrapport; Bijlagen*. Op de eerste bijlage zijn de persoonsgegevens van de afstudeerder en de directe betrokkenen van deze afstudeeropdracht geplaatst. Op de tweede bijlage staat de planning, die gemaakt is in het werkplan. Voor de overige bijlagen word verwezen naar de volgende hoofdstukken in dit rapport.

2 Afbakening van de afstudeeropdracht

Voordat begonnen kan worden aan de werkelijke afstudeeropdracht moet de doelstelling duidelijk zijn. Om tot een goede doelstelling te komen, is in dit hoofdstuk eerst een korte probleemanalyse gegeven. Uit deze probleemanalyse is de probleemstelling gedestilleerd, waaruit de doelstelling geformuleerd is.

2.1 Probleemanalyse

Om de TriAngle Tower van voldoende comfort te voorzien moet met veel aspecten rekening worden gehouden. Een belangrijk aandachtspunt in het ontwerp van de TriAngle Tower zijn de verkeersstromen van personen. Aan het begin van een dag moet bijvoorbeeld elke werknemer vanaf de begane grond naar zijn werkplek op een bepaalde verdieping komen. Aan het eind van een dag geldt het omgekeerde.

Uiteraard is het mogelijk om door het gebruik van de trappen de desbetreffende verdieping te bereiken. De TriAngle Tower is echter een voor Nederlandse begrippen hoog gebouw, dat 37 verdiepingen telt. Als de trappen gebruikt worden om naar de hogere verdiepingen te komen, kost dit veel tijd en moeite. Het is eenvoudiger om liften te gebruiken.

Om deze reden zijn in het ruimtelijk ontwerp acht personenliften geplaatst. De ene helft van de personenliften wordt gebruikt om de onderste verdiepingen te bereiken. De andere helft van de personenliften wordt gebruikt om de bovenste verdiepingen te bereiken.

De personenliften zijn op een centrale plaats in de TriAngle Tower gelegen. Door het gebrek aan tijd is in dit rapport aangenomen, dat de personenliften niet op een andere plaats in het ruimtelijk ontwerp geplaatst worden. Hierdoor is in dit rapport niet naar de verkeersstromen van personen gekeken, maar alleen naar het systeem van de personenliften.

Het is echter niet bekend of het aantal personenliften dat in het ruimtelijk ontwerp geplaatst is, voldoende comfort biedt. Het comfort dat het systeem van personenliften biedt, is afhankelijk van de verschillende eigenschappen van de personenliften. Zo kan de capaciteit van het systeem van personenliften vergroot worden door meer personenliften te gebruiken. Het is echter ook mogelijk om de snelheid van de liften te veranderen of te kiezen voor kleinere of grotere liftkooien.

Aan de hand van berekeningen en logisch nadenken, wordt bepaald of het gekozen systeem van personenliften voldoet aan de gestelde gebruikseisen. Deze gebruikseisen zijn in hoofdstuk 6 *Het Programma van Eisen* weergegeven.

2.2 De Probleemstelling

Aan de hand van bovenstaande probleemanalyse is de probleemstelling van dit rapport op te maken. De probleemstelling van dit rapport luidt:

Om voldoende comfort in de TriAngle Tower te verkrijgen is een goed systeem van personenliften nodig. In het ruimtelijk ontwerp van de TriAngle Tower zijn acht personenliften geplaatst. Het is echter niet bekend of dit systeem van personenliften voldoet aan het Programma van Eisen³, dat geldt voor de TriAngle Tower. Als dit systeem van personenliften niet voldoet aan het Programma van Eisen, moet een ander systeem van personenliften ontworpen worden dat wel voldoet aan het Programma van Eisen.

³ Het Programma van Eisen is behandeld in hoofdstuk 6 *Programma van Eisen*

2.3 De Doelstelling

Aan de hand van bovenstaande probleemstelling is de doelstelling van dit rapport op te maken. De doelstelling van dit rapport luidt:

Onderzoek of het systeem van personenliften in de TriAngle Tower uit het ruimtelijk ontwerp voldoet aan het Programma van Eisen.

Als het systeem van personenliften niet voldoet aan het Programma van Eisen, ontwerp dan een systeem van personenliften dat wel voldoet aan het Programma van Eisen.

3 Systemen van personenliften

In dit hoofdstuk zijn verschillende eigenschappen van systemen van personenliften behandeld. Zo zijn in de eerste paragraaf de verkeersstromen van personen in een gebouw behandeld. Vervolgens is het gebruik van liftzones besproken, waarna de belangrijkste soorten liften zijn weergegeven. In de laatste paragraaf van dit hoofdstuk zijn een aantal besturingssystemen behandeld.

3.1 Verkeersstromen van personen in een gebouw

De TriAngle Tower is een gebouw, waarin vooral kantoren zijn gelegen. Dit betekent dat aan het begin van de dag de meeste werknemers het gebouw binnen komen en dat zij naar de des betreffende werkplek in de TriAngle Tower moeten komen. Aangezien de TriAngle Tower behoorlijk hoog is, betekent dit dat de personenliften in de ochtend veel gebruikt worden. Deze verkeersstroom van personen wordt de ochtendspits genoemd. Als de capaciteit van het systeem van personenliften niet voldoende is, kunnen er lange wachtrijen ontstaan.

Aan het eind van de dag gaan de meeste werknemers weer naar huis, ook op dit moment worden de personenliften regelmatig gebruikt. Deze verkeersstroom van personen wordt de avondspits genoemd. Het verschil in vertrektijd is bij de meeste bedrijven groter als het verschil van aankomsttijd. Hierdoor is de avondspits meestal minder druk dan de ochtendspits. Bij de verschillende berekeningen wordt daarom naar de ochtendspits gekeken en niet naar de avondspits.

Tijdens de werkdag komen ook verschillende verkeersstromen voor. Bij sommige bedrijven moet regelmatig tussen de verschillende verdiepingen worden gereisd, terwijl bij andere bedrijven dit minder het geval is. Daarnaast moeten sommige werknemers overdag naar klanten, waardoor zij naar de begane grond terug moeten.

Een andere belangrijke verkeersstroom is de middagspits. De middagspits vindt plaats rond de lunch. Rond dit tijdstip verplaatsen veel werknemers zich van en naar de kantine of het bedrijfsrestaurant. Bij het ontwerp van een gebouw dient daarom rekening gehouden te worden met de plaats van het restaurant.

Eén of meerdere gebruikers

Hierboven is gesproken over de verschillende verkeersstromen van personen in een kantoorgebouw, zoals bijvoorbeeld de TriAngle Tower. In welke mate deze verkeersstromen voorkomen hangt af van de gebruikers. Als een gebruiker bijvoorbeeld een zeer stipte aankomsttijd hanteert, dan zal de ochtendspits erg druk zijn.

Bij een groot gebouw, zoals bijvoorbeeld de TriAngle Tower kunnen er ook meerdere gebruikers in het gebouw zitten. Als er meerdere gebruikers in een gebouw zitten, kunnen de aankomsttijd, de lunchtijd en de vertrektijd van de werknemers verschillen. Hierdoor zullen de ochtendspits, de middagspits en de avondspits over het algemeen minder druk zijn.

Centrale of decentrale liftgroepen

De verkeersstromen van personen in gebouwen hangen uiteraard ook af van de plaats van de personenliften. In de meeste gevallen zijn de personenliften vlak bij de entree van het gebouw gelegen. Hierdoor is de afstand tot de verschillende ruimtes zo klein mogelijk. In dit geval zijn de liftgroepen centraal in het gebouw gelegen en daarom worden dit centrale liftgroepen genoemd.

Bij sommige gebouwen zijn er meerdere entrees. Bij dergelijke gebouwen zijn de personenliften dan ook vaak in meerdere groepen verdeeld. Dit worden decentrale liftgroepen genoemd. Dit is bijvoorbeeld gedaan in het stadhuis van Den Haag.

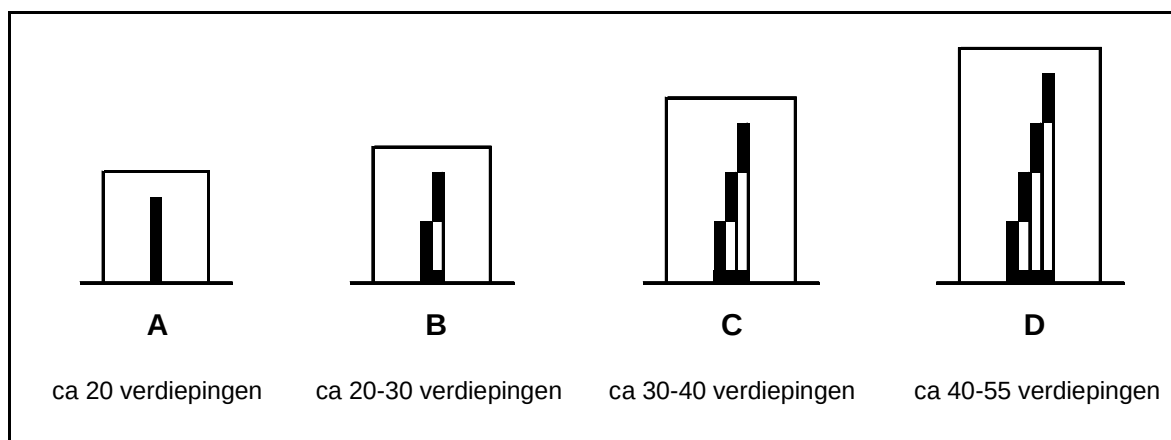
Zoals reeds in paragraaf 2.1 *Probleemanalyse* is vermeld, is in dit rapport niet naar decentrale liftgroepen gekeken door het gebrek aan tijd. Daarnaast is in het ruimtelijk ontwerp één hoofdentree geplaatst. De personenliften liggen vlak bij deze hoofdentree.

3.2 Het gebruik van liftzones

Om het gebruik van de personenliften te optimaliseren is het mogelijk om de personenliften niet op elke verdieping te laten stoppen. Bij sommige gebouwen stopt de ene personenlift alleen op de even verdiepingen, terwijl de andere personenlift op alle oneven verdiepingen stopt. Dit gebeurt hoofdzakelijk bij woongebouwen. Bij woongebouwen is namelijk weinig verkeer tussen de verschillende verdiepingen, hierdoor hoeft een personenlift niet op elke verdieping te stoppen.

Het is ook mogelijk om een personenlift een bepaalde zone te laten bedienen. Zo kunnen bepaalde personenliften bij het onderste deel van het gebouw stoppen, terwijl de andere personenliften op het bovenste deel van het gebouw stoppen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de Sir Winston Churchill Tower in Rijswijk. Afhankelijk van het aantal verdiepingen kan het gebouw in één of meerdere zones worden verdeeld.

Als een gebouw niet meer dan 20 verdiepingen telt, dan bestaat het gebouw doorgaans uit één zone en kunnen de personenliften op elke verdieping stoppen. Dit is schematisch weergegeven bij alternatief A in onderstaand figuur (zie figuur 3.1).



figuur 3.1: stopplaatsen van personenliften in een gebouw; het gebouw bestaat uit 1 zone (A), het gebouw bestaat uit 2 zones (B), het gebouw bestaat uit drie zones (C), het gebouw bestaat uit 4 zones (D) [1.2]

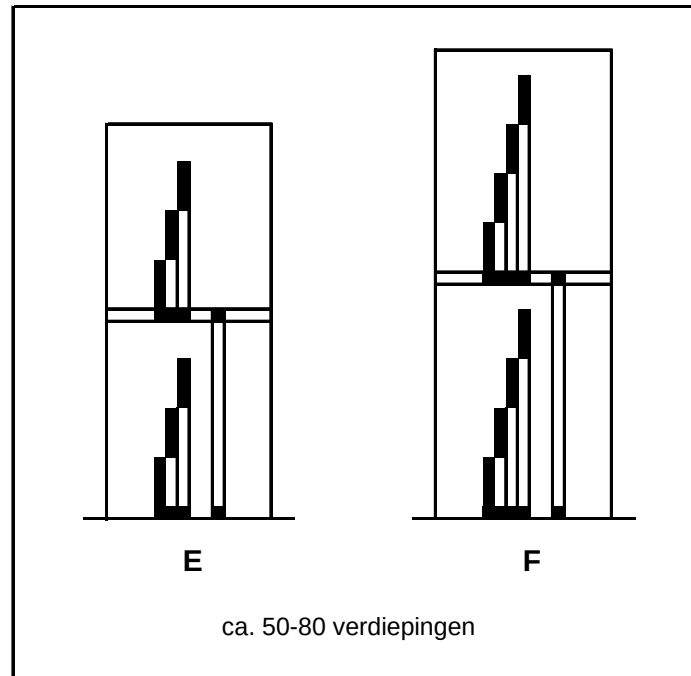
Als een gebouw 20 tot en met 30 verdiepingen telt, dan wordt het gebouw doorgaans in twee zones verdeeld. Dit is weergegeven in alternatief B in bovenstaande figuur (zie figuur 3.1). De eerste zwarte kolom geeft de stopplaatsen van de eerste groep personenliften aan. Deze groep personenliften stopt dus alleen op de onderste verdiepingen van het gebouw. De tweede kolom geeft aan waar de tweede groep personenliften stopt. Deze groep personenliften stopt dus op de begane grond en op de bovenste verdiepingen van het gebouw.

Als een gebouw 30 tot en met 45 verdiepingen telt, dan wordt het gebouw doorgaans in drie zones verdeeld, dit is weergegeven in alternatief C. Als een gebouw 40 tot 55 verdiepingen telt dan wordt het gebouw doorgaans in vier zones verdeeld, dit is weergegeven in alternatief D (zie figuur 3.1).

De schachten van de personenliften, die worden gebruikt om de onderste verdiepingen te bedienen niet door tot het dak van het gebouw. Hierdoor wordt op de hogere verdiepingen ruimte bespaard en nemen de personenliften uiteindelijk minder ruimte in.

Als een gebouw meer dan 50 verdiepingen telt, dan wordt het gebouw vaak in twee hoofdzones verdeeld. Deze hoofdzones worden vervolgens ook weer verdeeld in

verschillende zones. Om de bovenste hoofdzone te bereiken wordt een expreslift gebruikt. Deze expreslift stopt op de begane grond en op een verdieping ergens halverwege het gebouw. Op deze verdieping wordt een zogeheten skylobby geplaatst. Als men naar een verdieping in de bovenste hoofdzone gaat, moet eerst de expreslift worden gebruikt, waarna overgestapt wordt op een van de lokale personenliften (zie figuur 3.2).

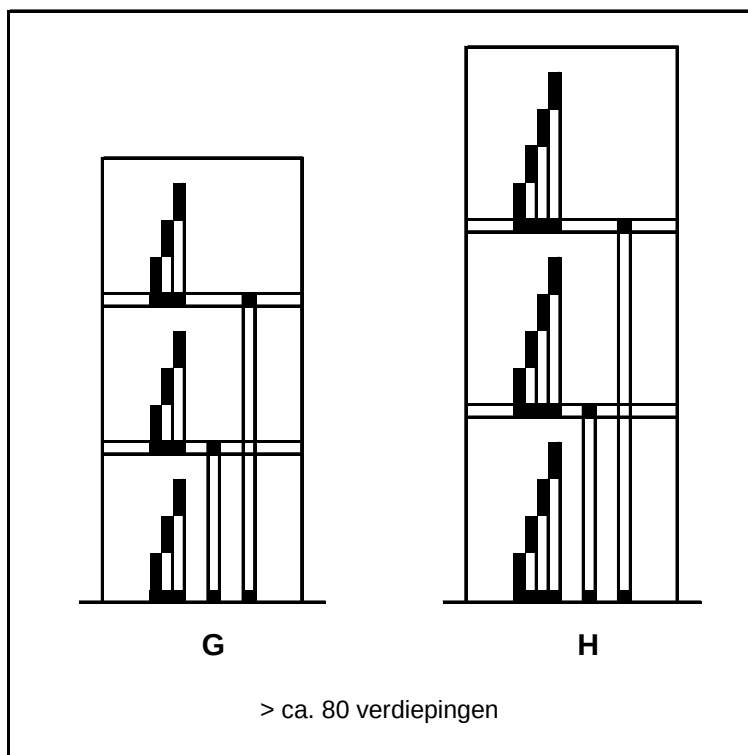


figuur 3.2: stopplaatsen van de personenliften in een gebouw; het gebouw bestaat uit 2 x 2 zones (E), het gebouw bestaat uit 2 x 3 zones (F) [1.2]

Alternatief E en F zijn in principe hetzelfde. Bij deze alternatieven is het gebouw in twee hoofdzones verdeeld. Vervolgens zijn deze hoofdzones weer in drie of vier aparte zones verdeeld.

Bij deze alternatieven loopt de schacht van de expreslift tot een bepaalde hoogte. De lokale personenliften, die de personen naar de gewenste verdieping brengen worden meestal boven elkaar geplaatst. Hierdoor lopen deze schachten wel door tot boven in het gebouw.

Als een gebouw meer dan 80 verdiepingen telt, dan wordt het gebouw vaak in drie hoofdzones verdeeld. Bij dit soort gebouwen worden dan twee groepen expresliften gebruikt en worden twee skylobby's in het gebouw geplaatst. Ook hier zijn de hoofdzones weer verdeeld in zones (zie figuur 3.3).



figuur 3.3: stopplaatsen van de personenliften in een gebouw; het gebouw bestaat 3 x 3 zones (G), het gebouw bestaat uit 3 x 4 zones (H) [1.2]

Ook Alternatief G en H zijn in principe hetzelfde. Bij deze alternatieven is het gebouw in drie hoofdzones verdeeld. Vervolgens zijn deze hoofdzones weer in drie of vier aparte zones verdeeld. Alternatief H is toegepast in het World Trade Center in New York.

Voor de expresliften worden twee aparte groepen schachten gebruikt. De schachten, die gebruikt worden voor de lokale personenliften komen net als bij alternatief E en F boven elkaar te liggen. Hierdoor wordt veel ruimte gebruikt.

3.3 Soorten personenliften

In principe zijn er twee soorten personenliften, dit zijn:

- de tractieliften;
- de hydraulische liften.

In de onderstaande deelparagrafen zijn deze twee soorten liften behandeld. Hiervoor is echter nog even kort ingegaan op een speciaal type personenlift, namelijk de brandweerlift.

Brandweerlift

Een brandweerlift wordt zoals de naam al zegt, gebruikt door de brandweer in geval van brand of andere calamiteiten. Een brandweerlift moet volgens het bouwbesluit in een gebouw worden geplaatst als de vloeren van de gebruiksgebieden hoger gelegen zijn als 20 meter boven het maaiveld.

Een brandweerlift is een normale lift, die uitgerust is met een speciale brandweerschakelaar. De brandweer kan bij aankomst op de begane grond van het desbetreffende gebouw de brandweerlift vrijgeven door de brandweerschakelaar om te zetten. Zodra de brandweerschakelaar wordt omgezet, worden alle andere liften onbruikbaar. De andere liften komen dan naar de begane grond, waar ze met open deuren blijven staan. Op deze manier kan alleen de brandweerlift nog gebruikt worden door de brandweer.

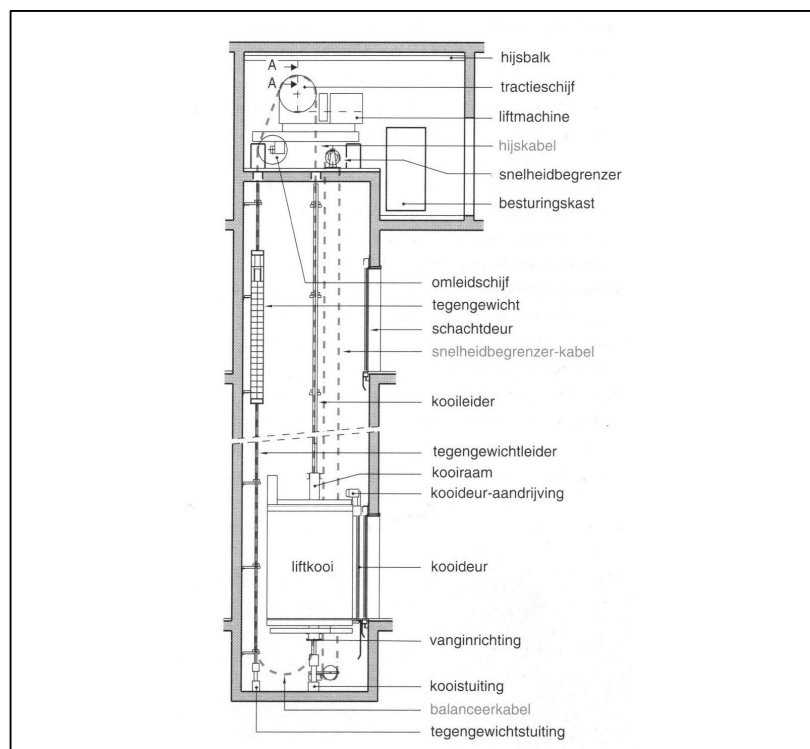
De brandweerlift dient nog wel aan enkele aanvullende eisen te voldoen, die hier niet nader besproken worden. Een brandweerlift moet in tegenstelling tot andere personenliften wel

kunnen stoppen op elke verdieping. Om deze reden wordt een brandweerlift bij hoge gebouwen vaak gecombineerd met de goederenlift, die ook op elke verdieping kan stoppen.

3.3.1 Tractieliften

Een tractie lift bestaat uit een liftkooi, die opgehangen is aan stalen liftkabels. Deze liftkabels lopen over een zogeheten tractieschijf en zijn verbonden aan een contragewicht (zie figuur 3.4). Op de tractieschijf zijn groeven aangebracht waarin de liftkabels klemmen. Hierdoor kan de liftkooi verplaatsen.

Het contragewicht zorgt ervoor dat de liftmotor, die verbonden is aan de tractieschijf minder energie hoeft te leveren om de liftkooi te verplaatsen. Om deze reden is het contragewicht ongeveer even zwaar als de liftkooi en de helft van het maximale toegestane gewicht in de liftkooi. In onderstaande figuur is een verticale doorsnede van een tractie lift weergegeven (zie figuur 3.4).



figuur 3.4: verticale doorsnede van een tractie lift [1.3]

Bij het ontwerp van tractieliften dient extra aandacht geschonken te worden aan de volgende onderwerpen:

- de plaats en grootte van de liftmachinekamer;
- de plaats van de liftdeuren;
- de lengte van de liftschacht.

Elke tractie lift heeft een liftkamer nodig, hierin staat onder andere de liftmotor en vaak het besturingssysteem. Vroeger moest de liftmachinekamer altijd boven de liftschacht worden geplaatst (zie figuur 3.4). Tegenwoordig is het echter mogelijk om de liftmachinekamer naast de liftschacht te plaatsen.

De liftkooi wordt met behulp het contragewicht verplaatst. Daarnaast wordt de liftkooi met geleiderails in de liftschacht op zijn plaats gehouden. Hierdoor is het niet mogelijk om de liftdeuren in elke wand van de liftkooi plaatsen (zie figuur 3.4).

De liftschacht bestaat uit drie onderdelen, dit zijn de (zie figuur 3.4) :

- de schachtput;
- de schachthoogte;
- de schachtuitloop.

De schachtput en de schachtuitloop hebben ongeveer dezelfde functie. Ten eerste moet de liftkooi de ruimte hebben om zowel aan de onderkant als de bovenkant gelijkvloers te kunnen stoppen. Daarnaast moet de liftkooi ruimte hebben voor de remweg bij een calamiteit, zoals het vallen of doorschieten van de liftkooi. Tot slot moet een liftmonteur in het geval van een calamiteit de mogelijkheid hebben om te vluchten als hij zich daar tenminste bevindt.

Met tractieliften kunnen hoge snelheden worden bereikt en kunnen grote afstanden worden overbrugd, hierdoor worden tractieliften op grote schaal gebruikt. Er zijn een aantal soorten speciale tractieliften. Deze speciale tractieliften worden hieronder kort besproken.

Expresliften

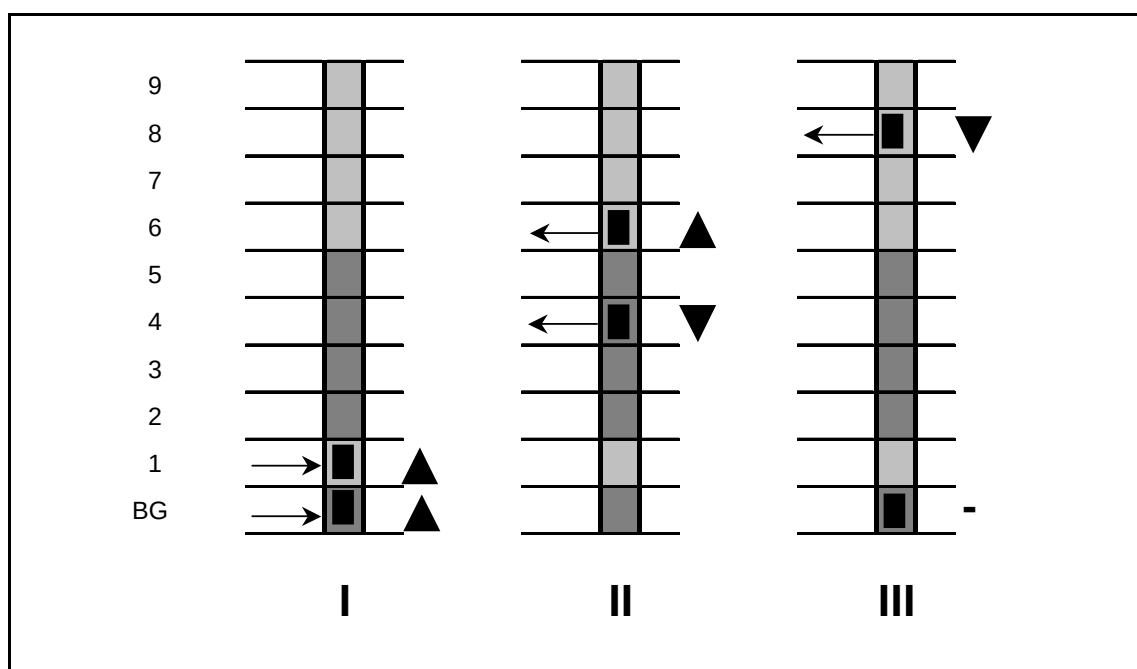
Expresliften zijn al kort behandeld in paragraaf 3.2 *Het gebruik van liftzones* en stoppen op een aantal verdiepingen. Vaak wordt op de begane grond ingestapt en wordt men direct naar een bepaalde verdieping gebracht. Op deze verdieping is vaak een skylobby gelegen, waar men moet overstappen in een andere lokale personenlift. Bij sommige gebouwen is op de bovenste verdieping een uitzichtpunt of restaurant gevestigd, ook hier wordt dan vaak gebruik gemaakt van een expreslift, die de personen naar de desbetreffende verdieping brengt.

Dubbeldek liften

Een dubbeldek lift is in principe een normale lift, waarbij twee liftkooien op elkaar zijn gestapeld. Deze liftkooien bewegen als één geheel door de liftschacht. Hierdoor is de capaciteit van de liftkooi verdubbeld. Bij een dubbeldek lift moet wel op twee verschillende verdiepingen worden ingestapt en worden uitgestapt. Een dubbeldek lift kan ook gebruikt worden als expreslift.

Twinliften

Bij twinliften zijn twee liftkooien in één liftschacht geplaatst. In tegenstelling tot dubbeldek liften verplaatsen de liftkooien zich separaat door de liftschacht. Bij twinliften wordt het gebouw in twee zones verdeeld. De onderste liftkooi stopt alleen op de verdiepingen in de onderste zone, terwijl de bovenste liftkooi alleen op de verdiepingen in de bovenste zone stopt. De onderste liftkooi start op de begane grond en de bovenste liftkooi start op de eerste verdieping, zoals in onderstaand figuur wordt weergegeven (zie figuur 3.5).



figuur 3.5: schematische weergaven van de werking van twinliften

In bovenstaande figuur is te zien dat de onderste liftkooi alleen op de donkergrijze verdiepingen stopt, dit zijn:

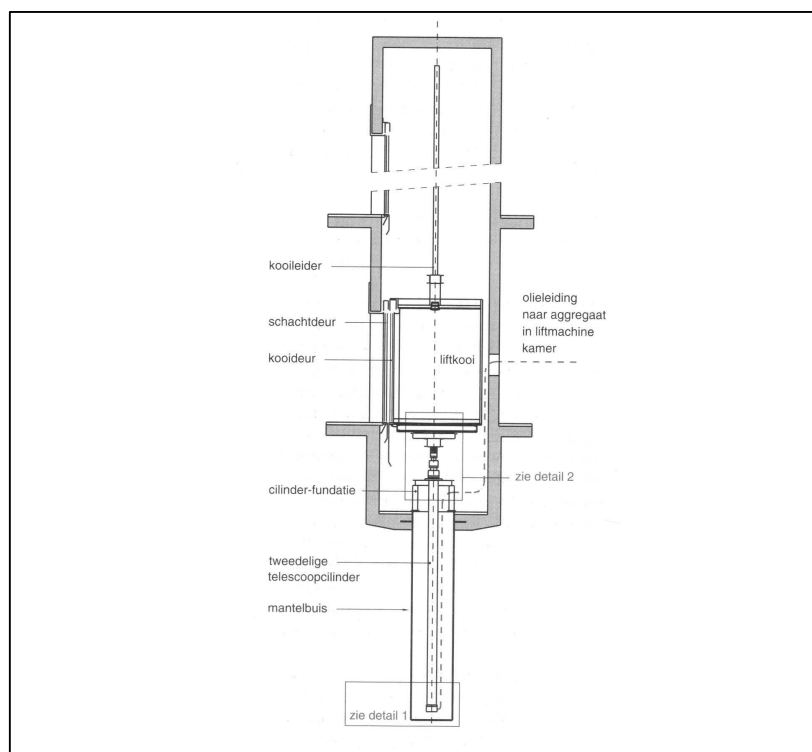
- de begane grond;
- de tweede verdieping;
- de derde verdieping;
- de vierde verdieping;
- de vijfde verdieping.

De bovenste liftkooi stopt op de andere verdiepingen. De pijlen, die naast liftkooien staan, geven aan waar de liftkooi naar toe gaat. Bij plaatje I stappen de personen in op de begane grond en op de eerste verdieping. Vervolgens verplaatsen de liftkooien zich naar de desbetreffende verdiepingen in plaatje II. Hier stappen de personen uit op de vierde verdieping en op de zesde verdieping, waarna de onderste liftkooi naar beneden gaat, omdat deze liftkooi leeg is. De bovenste liftkooi gaat naar de achtste verdieping om de laatste personen uit te laten stappen. Dit gebeurt in plaatje III. Als ook de bovenste liftkooi leeg is, gaat deze naar de eerste verdieping. Vervolgens begint het proces opnieuw bij plaatje I (zie figuur 3.5).

Uit bovenstaande omschrijving wordt gauw duidelijk dat de onderste liftkooi alleen personen kan verplaatsen als de bovenste liftkooi weg is. Hierdoor dient een slim besturingssysteem gebruikt te worden om de wachtrijen voor de liften te minimaliseren. Het grote voordeel van dit systeem is uiteraard het gebruik van minder liftschachten. Op deze manier worden namelijk twee liftkooien in één liftschacht geplaatst. Het gebruik van twinliften is echter duur en nog weinig in gebruik, waardoor weinig ervaring bestaat met dit systeem van personenliften.

3.3.2 Hydraulische liften

Bij hydraulische liften wordt de liftkooi verplaatst door een hydraulische cilinder. De hydraulische cilinder is verbonden door een persleiding met het hydraulisch aggregaat. In dit hydraulisch aggregaat zit een elektromotor, die de olie uit het oliereservoir in de hydraulische cilinder perst. Ook bij hydraulische liften wordt de liftkooi door de kooileider op de juiste plaats gehouden (zie figuur 3.6)



figuur 3.6: verticale doorsnede van een hydraulische lift [1.3]

Bij het ontwerp van hydraulische liften dient extra aandacht geschonken te worden aan de volgende punten:

- de plaats van de liftmachinekamer;
- de schachtafmetingen;
- de plaats van de schachtdeuren;
- het energieverbruik van de liftmotor;
- de maximale hefhoogte.

In tegenstelling tot tractieliften hoeft de liftmachinekamer niet direct in de buurt van de liftschacht geplaatst te worden. Dit komt doordat de olie door de persleiding naar de hydraulische cilinder wordt geperst. Echter de liftmachinekamer dient toch in de buurt van de liftschacht geplaatst te worden.

Door het ontbreken van het contragewicht is het mogelijk om kleinere liftschachten te gebruiken. Dit is gunstig voor het verhuurbare oppervlak van gebouwen. Net als bij tractieliften is de plaats van de liftdeuren niet vrij te kiezen. Dit komt doordat ook hier kooileiders in de liftschacht geplaatst moeten worden.

Door het ontbreken van het contragewicht moet de liftmotor meer energie leveren om de liftkooi te kunnen verplaatsen. Dit brengt extra kosten met zich mee en is slecht voor het milieu.

Tot slot is de maximale hefhoogte beperkt. De maximale hefhoogte wordt in de meeste gevallen beperkt doordat de kniklengte van de hydraulische cilinder onder invloed van het gewicht van de liftkooi en de personen wordt bereikt.

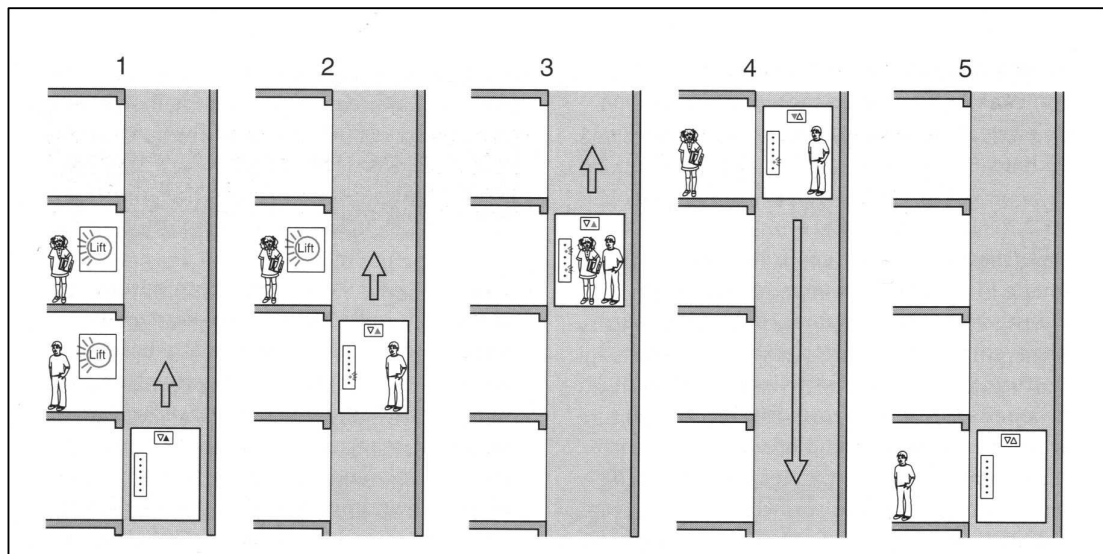
Door de geringe hefhoogte en het hoge energieverbruik kunnen hydraulische liften niet voor elk type gebouw worden gebruikt. Daarom worden geen hydraulische liften gebruikt in het kantoorgedeelte van de TriAngle Tower.

3.4 Besturingssystemen van personenliften

Om de personenliften op het juiste moment bij de juiste verdieping te krijgen is een besturingssysteem nodig. Deze besturingssystemen kunnen zeer eenvoudig zijn of zeer geavanceerd. In deze paragraaf worden vijf voorbeelden van besturingssystemen behandeld. Het eerste besturingssysteem is het meest eenvoudig. Daarna worden de besturingssystemen steeds geavanceerder.

Eenknops-verzamelbesturing

Bij dit besturingssysteem is op elke verdieping één knop naast de lift geplaatst waarmee de lift “geroepen” wordt. Vervolgens haalt de lift de personen in de volgorde van de te bereiken verdiepingen op (zie figuur 3.7).

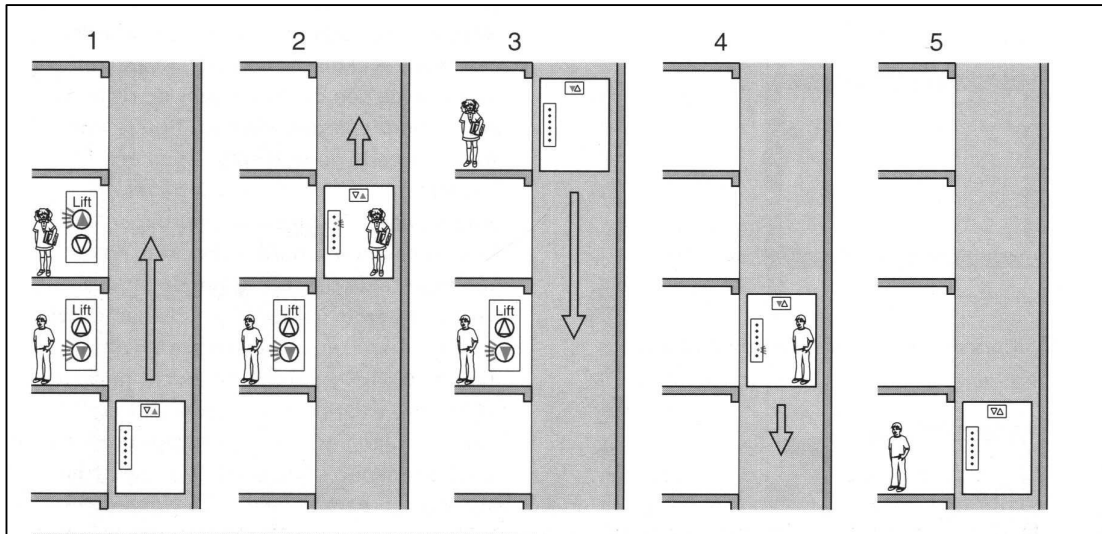


figuur 3.7: eenknops-verzamelbesturing; (1) beide personen “roepen” de lift, de jongen wil naar beneden, het meisje wil naar boven; (2) de jongen stapt in de lift en geeft aan dat hij naar beneden wil, de lift registreert dit en gaat naar boven; (3) het meisje stapt in de lift en geeft aan dat ze naar boven wil, de lift gaat naar boven, aangezien de lift al naar boven ging; (4) het meisje stapt uit en de lift gaat naar beneden; (5) de jongen stapt uit [1.3]

Bij dit besturingssysteem gaat de lift één richting op en verzamelt alle personen, die gebruik willen maken van de lift, ook als zij naar beneden willen. Als de hoogste verdieping bereikt is, keert de lift om en haalt hij weer alle personen op, die gebruik willen maken van de lift. Als de laatste verdieping bereikt is, keert de lift om.

Tweeknops-verzamelbesturing

Bij dit besturingssysteem zijn op elke verdieping 2 knoppen naast de lift geplaatst, waarmee de lift “geroepen” wordt. De ene geeft aan dat de persoon naar boven wilt, terwijl de andere knop aangeeft dat de persoon naar beneden wilt. Vervolgens gaat de lift eerst de ene richting op, totdat deze klaar is om daarna de andere richting op te gaan (zie figuur 3.8).



figuur 3.8: tweeknops-verzamelbesturing; (1) beide personen "roepen" de lift, de jongen wil naar beneden, het meisje wil naar boven, de lift gaat naar boven; (2) de lift registreert de oproep van de jongen, maar passeert hem, het meisje stapt in en de lift gaat naar boven; (3) het meisje stapt uit, de lift gaat naar beneden; (4) de jongen stapt in, de lift gaat naar beneden; (5) de jongen stapt uit [1.3]

Bij dit besturingssysteem wordt eerst de ene richting afgehandeld. Als de lift naar boven gaat, blijft de lift naar boven gaan, totdat de bovenste verdieping bereikt is. Dan keert de lift om en worden de personen opgehaald en naar de desbetreffende verdieping gebracht, die naar beneden gaan.

Landinghall destination call

Bij dit besturingssysteem staat bij de liftingang een display, waarop aangegeven kan worden naar welke verdieping men moet. Vervolgens geeft de display aan in welke lift men moet stappen. In de lift zitten geen knoppen, maar er is een display, waarop aangegeven wordt, naar welke verdiepingen de lift gaat.

In tegenstelling van de vorige besturingssystemen weet dit besturingssysteem vooraf waar de personen naar toe moeten. Daarom kunnen de mensen, die naar dezelfde verdieping gaan, naar dezelfde lift gestuurd worden. Hierdoor worden de standaard rittijd en de intervaltijd (zie paragraaf 4.2 *Beoordelingsgrootheden van personenliften* voor de uitleg van deze begrippen) korter.

Intelligent dispatching

Er is ook een intelligent besturingssysteem, dat "leert". Dit betekent dat dit besturingssysteem onthoudt, waar en wanneer veel mensen op een bepaalde verdieping zijn en naar welke verdieping zij toe moeten. Hierdoor staat de lift bijvoorbeeld al klaar op de desbetreffende verdieping.

Transponder system

Een ander besturingssysteem werkt met transponders. De persoon, die in het gebouw verblijft, draagt een transponder bij zich. Deze transponders geven aan de liftinstallatie door naar welke verdieping de persoon moet. Bij dit systeem zijn daarom helemaal geen knoppen of displays nodig om aan te geven waar men naar toe moet. Het is technisch mogelijk om dit systeem te gebruiken, het is echter nog niet toegepast, voor zover dat bekend is.

4 Liftkarakteristieken

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste liftkarakteristieken behandeld. De liftkarakteristieken zijn verdeeld in twee delen. In de eerste paragraaf van dit hoofdstuk zijn kort een aantal eigenschappen van personenliften behandeld, die in de liftberekeningen gebruikt zijn. In het tweede deel van dit hoofdstuk zijn de grootheden behandeld, waarmee de kwaliteit van het systeem van personenliften is beoordeeld.

4.1 Eigenschappen van personenliften

De belangrijkste eigenschappen, die gevarieerd kunnen zijn in de berekeningen voor de kwaliteit van het systeem van personenliften zijn:

- het aantal liftkooien;
- de capaciteit van de liftkooi;
- de nominale snelheid van de lift;
- de versnelling van de lift;
- de vulgraad van de liftkooi.

Deze eigenschappen zijn kort toegelicht in deze paragraaf.

Aantal liftkooien

Een gebouw kan in meerdere zones worden verdeeld. Per zone wordt een bepaald aantal liftkooien ingezet om de personen naar de desbetreffende verdieping te brengen. Het aantal liftkooien kan variëren van één liftkooi tot in wel acht liftkooien in de grotere gebouwen.

Capaciteit van de liftkooi

Een belangrijke eigenschap van personenliften is de capaciteit van de liftkooi. Des te groter de liftkooi, des te meer personen de lift kan vervoeren. De capaciteit van de liftkooi van een personenlift kan variëren tussen de 340 en de 2000 kilogram. In kantoorgebouwen wordt echter zelden een liftkooi gebruikt met een kleinere capaciteit dan 640 kilogram.

Nominale snelheid van de liftkooi

Een andere eigenschap van de personenlift is de snelheid van de liftkooi. Vooral bij hoge gebouwen worden vaak snelle liften gebruikt. Bij lage gebouwen is dit niet mogelijk, omdat de versnelling van de liftkooi dan te groot is. De nominale snelheid van de liftkooi kan variëren van 1 meter per seconde bij lage gebouwen tot 8 meter per seconde bij heel hoge gebouwen.

Versnelling van de liftkooi

Als de versnelling van de liftkooi te groot wordt, kunnen de gebruikers van de personenlift misselijk worden. Het is daarom erg belangrijk dat de versnelling van de liftkooi niet te groot is.

Vulgraad van de liftkooi

Een liftkooi heeft een bepaalde capaciteit. Het komt echter nooit voor dat een liftkooi volledig gevuld is, dit wordt de vulgraad van de liftkooi genoemd. De vulgraad wordt uitgedrukt in percentages. De vulgraad verschilt per gebouwtype. Dit is weergegeven in onderstaande tabel (zie tabel 4.1).

Daarnaast is de vulgraad van de liftkooi afhankelijk van de vorm van de liftkooi. Zo is de vulgraad van een lange smalle liftkooi kleiner dan de vulgraad van een brede liftkooi.

tabel 4.1: vulgraad van de liftkooi per type gebouw [1.7]

type gebouw	vulgraad (%)
hotels	50-60
kantoorgebouwen	60-70
woongebouwen	70-80

4.2 Beoordelingsgrootheden van personenliften

De grootheden, die gebruikt zijn om de kwaliteit van het systeem van de personenliften te beoordelen, zijn:

- de 5 minuten vervoerscapaciteit;
- de intervaltijd;
- de standaard rittijd;
- de wachttijd.

Deze grootheden zijn kort toegelicht in deze paragraaf.

5 Minuten vervoerscapaciteit (5MHC = 5 Minute Handling Capacity)

Met de 5 minuten vervoerscapaciteit wordt gekeken welk percentage van de totale gebouwpopulatie in 5 minuten naar de desbetreffende verdieping kan worden gebracht met het aanwezige systeem van personenliften. Voor deze grootheid zijn waarden te definiëren, waaraan een gebouw ten minste moet voldoen. De waarde van de 5 minuten vervoerscapaciteit verschilt per gebouwtype, dit is weergegeven in onderstaande tabel (zie tabel 4.2).

tabel 4.2: minimale en maximale eisen voor de 5 minuten vervoerscapaciteit voor de verschillende type gebouwen [1.2]

type gebouw	5MHC (%)
woongebouwen	7,5
kantoorgebouwen met meerdere gebruikers	10-14
kantoorgebouwen met 1 gebruiker	12-16
kantoorgebouwen met controle op aanvangstijdstip	18-25
hotels	10-15

Intervaltijd (AIT = Average Interval Time)

De intervaltijd is de gemiddelde tijd tussen de aankomst van de verschillende liften bij de hoofdstopplaats. Net als bij de 5 minuten vervoerscapaciteit, zijn de minimale waarde voor de intervaltijd per gebouwtype te definiëren, dit is gedaan in onderstaande tabel (zie tabel 4.3).

tabel 4.3: minimale en maximale eisen voor de intervaltijd voor de verschillende type gebouwen [1.2]

type gebouw	AIT (s)
woongebouwen	80-130
kantoorgebouwen met meerdere gebruikers	30-35
kantoorgebouwen met 1 gebruiker	25-30
hotels	30-50

Standaard rittijd (RTT = average Round Trip Time)

De standaard rittijd is de gemiddelde tijd, die een lift nodig heeft om alle personen, die ingestapt zijn naar de desbetreffende verdieping te brengen en terug te keren naar de hoofdstopplaats. De standaard rittijd is onder andere afhankelijk van de hoogste verdieping, de nominale snelheid van de lift en de capaciteit van de liftkooi.

Wachttijd (LWT = Waiting Time at the main Lobby)

De wachttijd is de gemiddelde tijd, die een persoon moet wachten op het arriveren van de lift bij het oproepen van de lift op de hoofdstopplaats. De wachttijd is moeilijk te meten, daarom wordt ook gezegd dat:

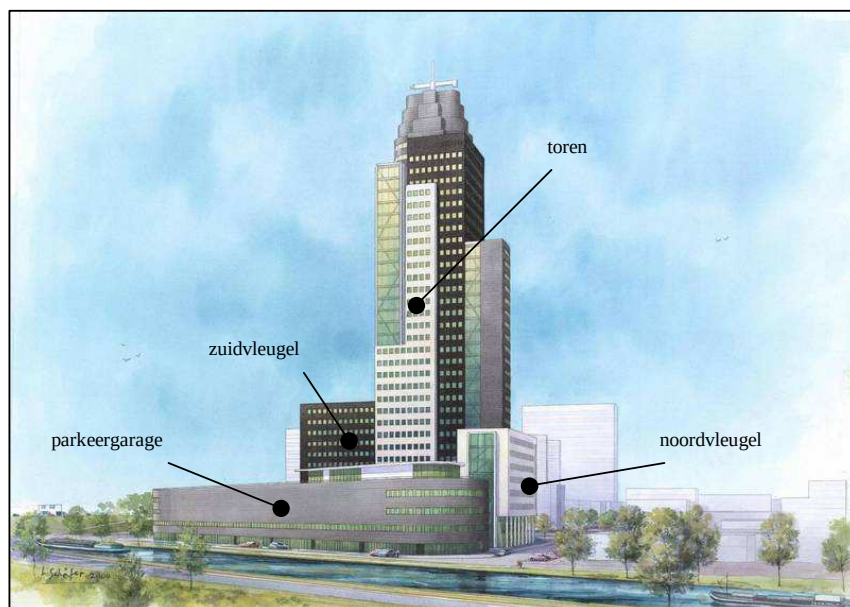
$$LWT = 0,6 \cdot AIT$$

5 Ruimtelijk ontwerp

Voordat begonnen kan worden met het opstellen van de gebruikseisen voor het systeem van personenliften, moet de TriAngle Tower nader bekeken worden. In dit hoofdstuk is het ruimtelijk ontwerp van de TriAngle beknopt behandeld. In het eerste deel van dit hoofdstuk is per verdieping bekeken welke functies op de desbetreffende verdieping gelegen zijn. Daarnaast is bekeken waar de personenliften zijn geplaatst en hoeveel het er zijn. In laatste deel van dit hoofdstuk is het aantal gebruikers toegelicht.

De TriAngle Tower is te verdelen in vijf gebouwdelen (zie figuur 5.1), dit zijn:

- de (kwartronde) toren;
- de noordvleugel;
- de zuidvleugel;
- het atrium;
- de garage.



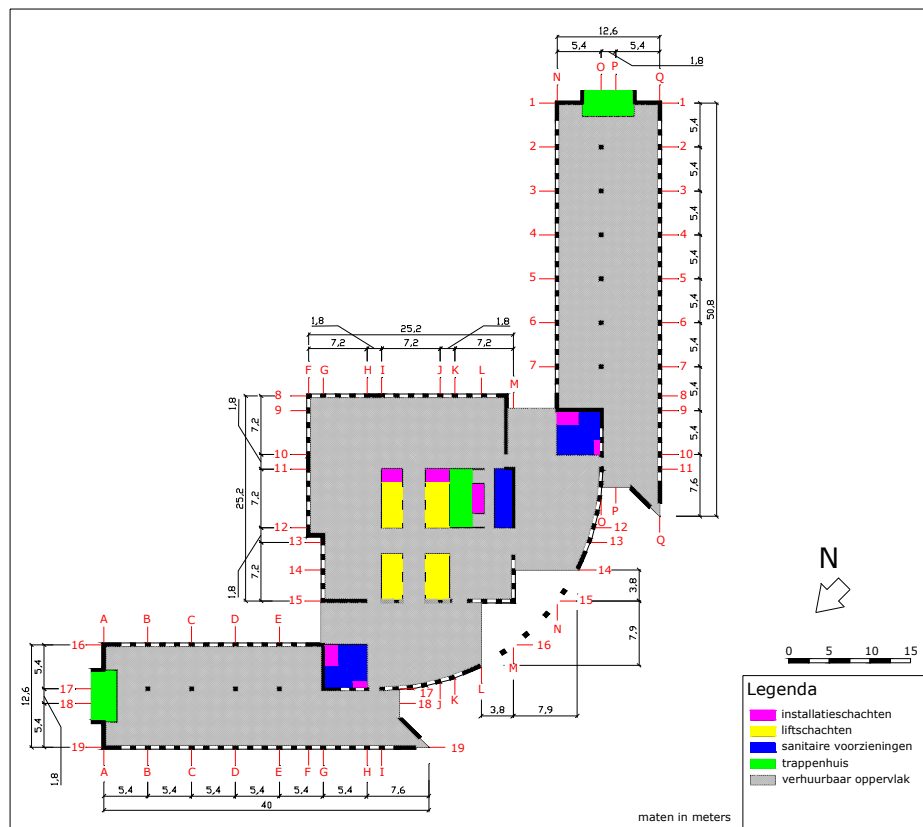
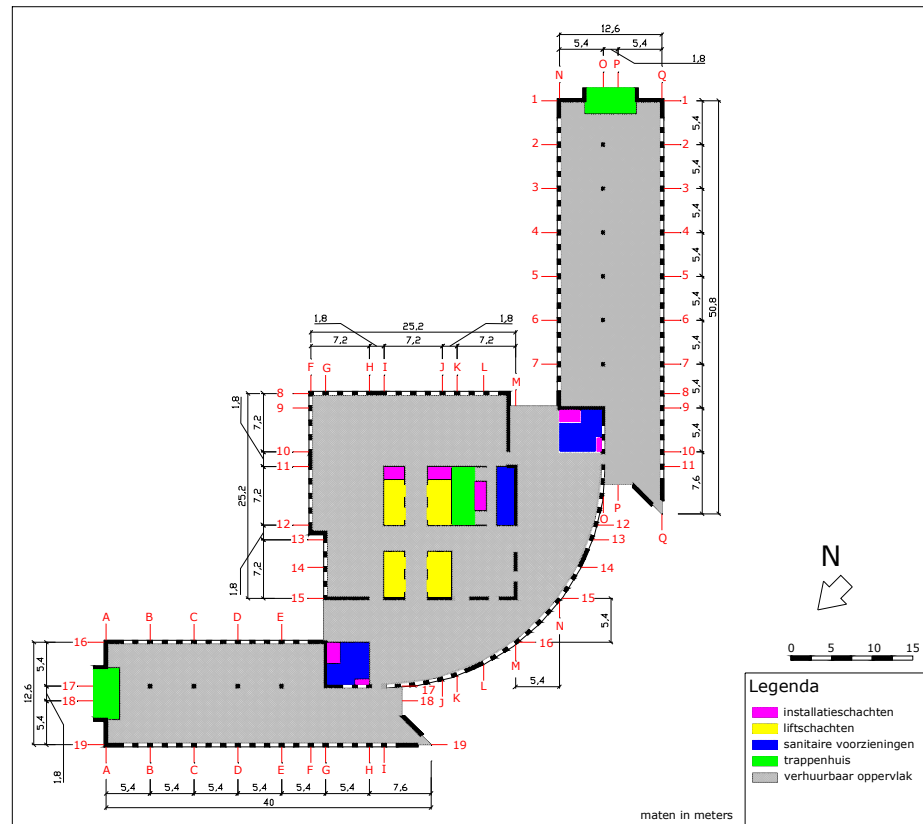
figuur 5.1: artist impression van de TriAngle Tower, waarin de verschillende gebouwdelen aangegeven zijn

In bovenstaande figuur is het atrium niet te zien. Het atrium ligt echter tussen de garage, de toren en de noordvleugel (zie bijlage III *Plattegrond van de begane grond*).

In de TriAngle zijn op tenminste twee plaatsen personenliften geplaatst, zowel in de toren als in de garage zijn personenliften geplaatst. In de rest van dit rapport is uitsluitend gesproken over de personenliften in de toren. De personenliften in de toren worden alleen gebruikt om personen naar de desbetreffende verdiepingen in de toren, de noordvleugel en de zuidvleugel te brengen. In dit hoofdstuk is daarom alleen gekeken naar de plattegronden van de toren, de noordvleugel en de zuidvleugel. De plattegronden van de verdiepingen van de TriAngle Tower zijn van beneden naar boven hieronder besproken.

De begane grond tot en met de 7^{de} verdieping

De plattegrond van de begane grond tot en met de 7^{de} verdieping is in onderstaande figuren weergegeven (zie figuren 5.2 en 5.3). De belangrijkste eigenschappen van deze verdiepingen zijn weergegeven in onderstaande tabel (zie tabel 5.1).

figuur 5.2: plattegrond van de begane grond tot en met de 3^{de} verdiepingfiguur 5.3: plattegrond van de 4^{de} verdieping tot en met de 7^{de} verdieping

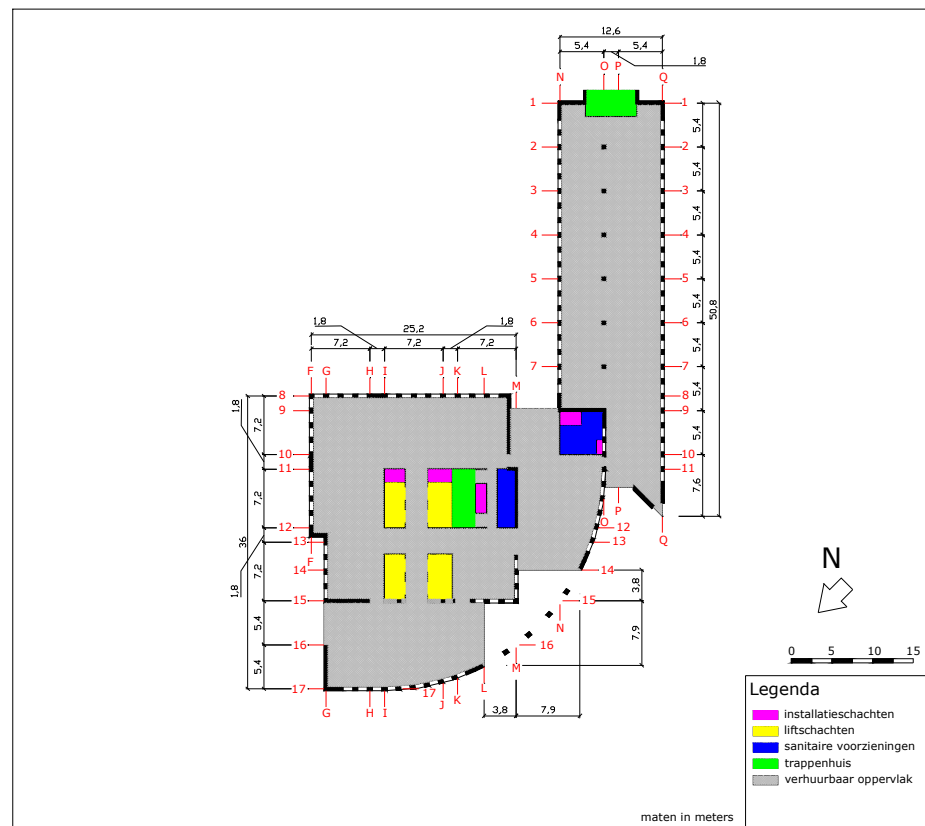
tabel 5.1: belangrijkste eigenschappen van de begane grond tot en met de 7^{de} verdieping

bruto vloeroppervlakte (m ²)	2000
aantal personenliften	8
belangrijkste functie	kantoren

Op de begane grond en de eerste verdieping zijn geen kantoren gelegen. Op deze verdiepingen zijn de entree, de centrale hal en de bedrijfsrestaurants gelegen.

De 8^{ste} verdieping tot en met de 11^{de} verdieping

De plattegrond van de 8^{ste} verdieping tot en met de 11^{de} verdieping is in onderstaand figuur weergegeven (zie figuur 5.4). De belangrijkste eigenschappen van deze verdiepingen zijn weergegeven in onderstaande tabel (zie tabel 5.2).



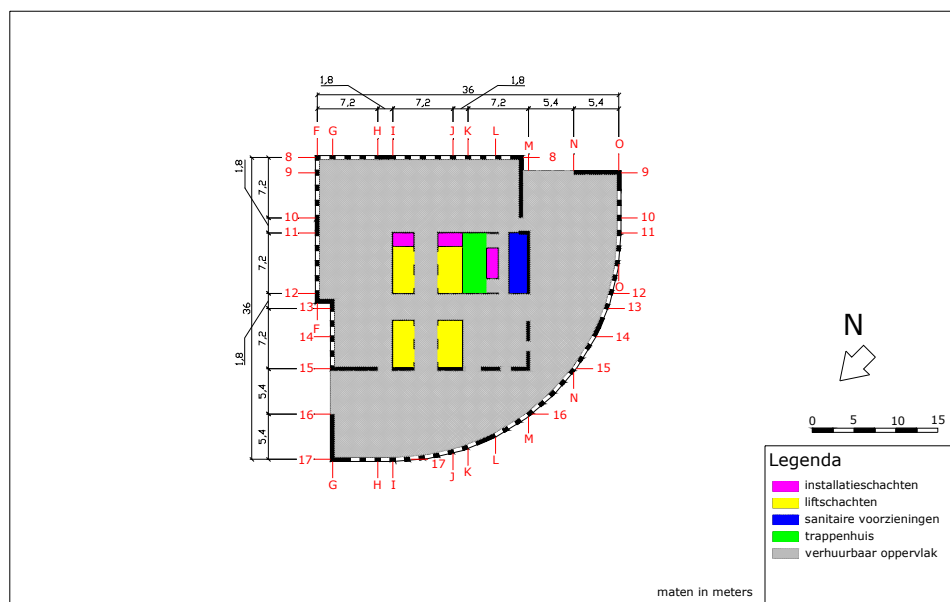
figuur 5.4: plattegrond van de 8^{ste} verdieping tot en met de 11^{de} verdieping

tabel 5.2: belangrijkste eigenschappen van de 8^{ste} verdieping tot en met de 11^{de} verdieping

bruto vloeroppervlakte (m ²)	1580
aantal personenliften	8
belangrijkste functie	kantoren

De 12^{de} verdieping tot en met de 15^{de} verdieping

De plattegrond van de 12^{de} verdieping tot en met de 15^{de} verdieping is in onderstaand figuur weergegeven (zie figuur 5.5). De belangrijkste eigenschappen van deze verdiepingen zijn weergegeven in onderstaande tabel (zie tabel 5.3).



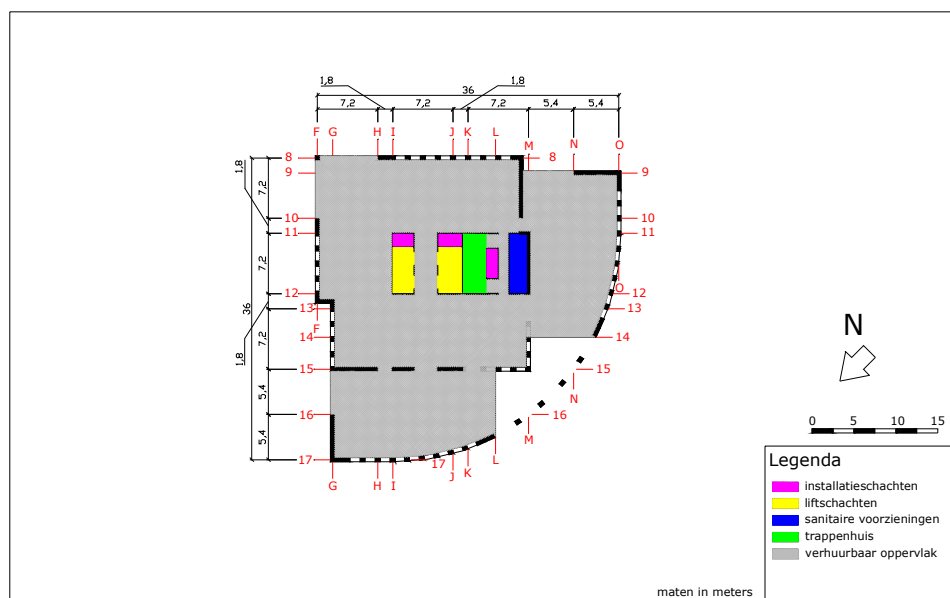
figuur 5.5: plattegrond van de 12^{de} verdieping tot en met de 15^{de} verdieping

tabel 5.3: belangrijkste eigenschappen van de 12^{de} verdieping tot en met de 15^{de} verdieping

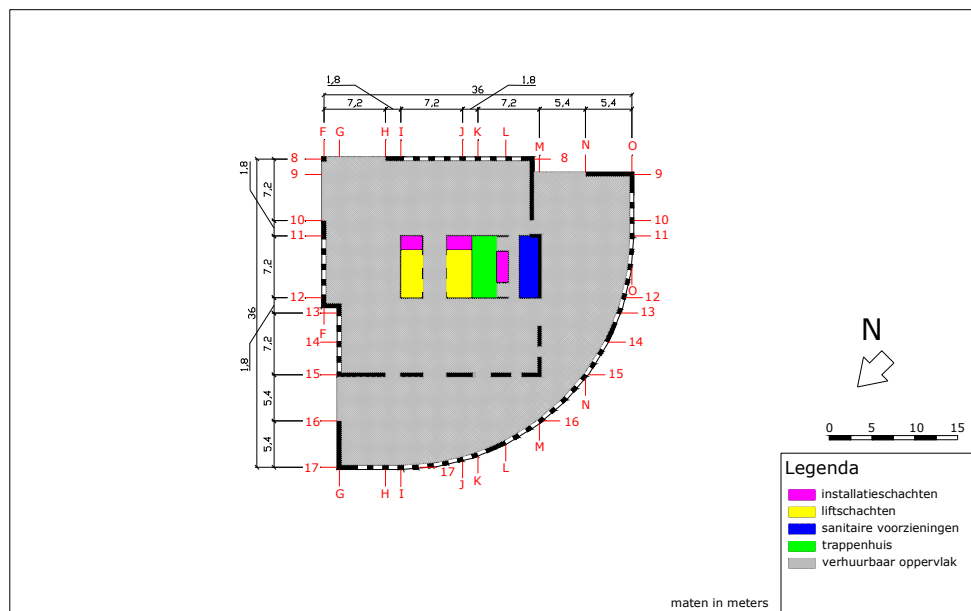
bruto vloeroppervlakte (m ²)	1020
aantal personenliften	8
belangrijkste functie	kantoren

De 16^{de} verdieping tot en met de 23^{ste} verdieping

De plattegrond van de 16^{de} verdieping tot en met de 23^{ste} verdieping is in onderstaande figuren weergegeven (zie figuren 5.6 en 5.7). De belangrijkste eigenschappen van deze verdiepingen zijn weergegeven in onderstaande tabel (zie tabel 5.4).



figuur 5.6: plattegrond van de 16^{de} verdieping tot en met de 19^{de} verdieping



figuur 5.7: plattegrond van de 20^{ste} verdieping tot en met de 23^{ste} verdieping

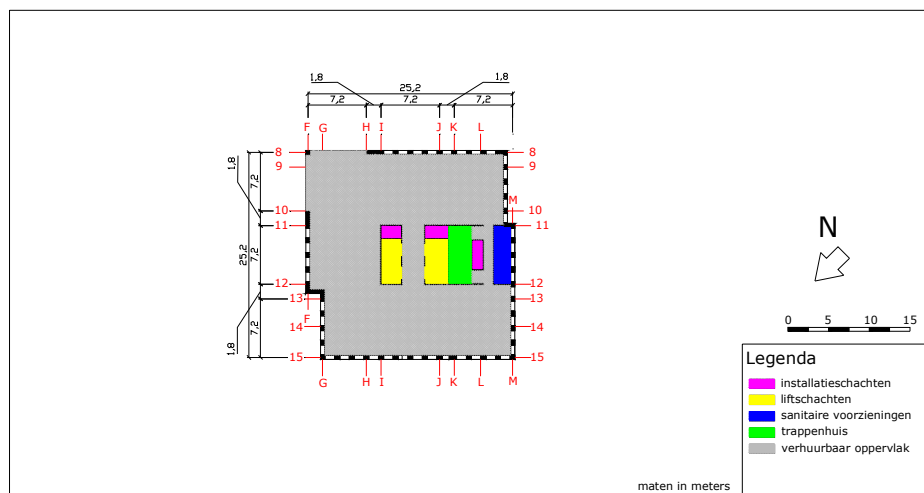
tabel 5.4: belangrijkste eigenschappen van de 16^{de} verdieping tot en met de 23^{ste} verdieping

bruto vloeroppervlakte (m ²)	1020
aantal personenliften	4
belangrijkste functie	kantoren

Het verschil tussen deze verdiepingen en de 12^{de} verdieping tot en met de 15^{de} verdieping zit alleen in het aantal personenliften. De low rise personenliften lopen namelijk maar tot en met de 15^{de} verdieping.

De 24^{ste} verdieping tot en met de 31^{ste} verdieping

De plattegrond van de 24^{ste} verdieping tot en met de 31^{ste} verdieping is in onderstaand figuur weergegeven (zie figuur 5.8). De belangrijkste eigenschappen van deze verdiepingen zijn weergegeven in onderstaande tabel (zie tabel 5.5).



figuur 5.8: plattegrond van de 24^{ste} verdieping tot en met de 31^{ste} verdieping

tabel 5.5: belangrijkste eigenschappen van de 24^{ste} verdieping tot en met de 31^{ste} verdieping

bruto vloeroppervlakte (m ²)	640
aantal personenliften	4
belangrijkste functie	kantoren

De 32^{ste} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping

De plattegrond van de 32^{ste} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping is niet constant. Ter plaatse van deze verdiepingen begint en eindigt de top van de TriAngle Tower (zie figuur 5.1). De 32^{ste} verdieping van de TriAngle Tower heeft een bruto vloeroppervlak, die bijna even groot is als de bruto vloeroppervlak van de 24^{ste} verdieping tot en met de 31^{ste} verdieping. Op de hogere verdiepingen wordt de vloeroppervlak echter steeds kleiner.

De belangrijkste eigenschappen van deze verdiepingen zijn weergegeven in onderstaande tabel (zie tabel 5.6). Bij de bruto vloeroppervlak is het gemiddelde van de 32^{ste} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping genomen.

tabel 5.6: belangrijkste eigenschappen van de 32^{ste} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping

bruto vloeroppervlakte (m ²)	210
aantal personenliften	4
belangrijkste functie	kantoren

De 32^{ste} verdieping en de 37^{ste} verdieping worden niet gebruikt voor kantoren, maar hier zullen de installaties worden geplaatst.

De gebruikers van de TriAngle Tower

Op dit moment is nog geen huurder gevonden voor de TriAngle Tower. Het is dus niet bekend of de TriAngle Tower door één of meerdere gebruikers gebruikt gaat worden. Daarnaast is ook niet bekend of de gebruikers van de TriAngle Tower gecontroleerd gaan worden inzake de aankomsttijd. In de TriAngle Tower kunnen vier mogelijkheden qua soorten gebruikers zich vestigen, dit zijn:

- één gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip;
- één gebruiker met controle op aanvangstijdstip;
- meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip;
- meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip.

In de rest van dit rapport zijn bovenstaande vier mogelijkheden behandeld.

6 Het Programma van Eisen

Voordat begonnen kan worden aan de berekeningen betreffende het systeem van personenliften, is eerst bekeken aan welke gebruikseisen het systeem van personenliften moet voldoen. In dit hoofdstuk zijn deze gebruikseisen behandeld.

5 Minuten vervoerscapaciteit (5MHC = 5 Minute Handling Capacity)

De 5 minuten vervoerscapaciteit hangt af van de gebruikers van de TriAngle Tower, zie paragraaf 4.2 *Beoordelingsgrootheden van personenliften*. De gebruikseisen betreffende de 5 minuten vervoerovercapaciteit voor de TriAngle Tower zijn weergegeven in onderstaande tabel (zie tabel 6.1)

tabel 6.1: minimale en maximale eisen voor de 5 minuten vervoerscapaciteit voor de TriAngle Tower [1.2]

type gebouw	5MHC
kantoorgebouwen met meerdere gebruikers	$\geq 10 \%$
kantoorgebouwen met 1 gebruiker	$\geq 12 \%$
kantoorgebouwen met controle op aanvangstijdstip	$\geq 18 \%$

Aantal personen per vierkante meter

Per 22 tot en met 25 vierkante meter bruto vloeroppervlak verblijft 1 persoon in de TriAngle Tower.

Functies in de TriAngle Tower

In de TriAngle Tower zijn vooral kantoren geplaatst (zie hoofdstuk 5 *Ruimtelijk ontwerp*). Op de begane grond en de eerste verdieping is het bedrijfsrestaurant gelegen.

Intervaltijd (AIT = Average Interval Time)

De intervaltijd hangt af van het aantal gebruikers van de TriAngle Tower, zie paragraaf 4.2 *Beoordelingsgrootheden van personenliften*. De gebruikseisen betreffende de intervaltijd voor de TriAngle Tower zijn weergegeven in onderstaande tabel (zie tabel 6.2)

tabel 6.2: minimale en maximale eisen voor de intervaltijd voor de TriAngle Tower [1.2]

type gebouw	AIT
kantoorgebouwen met meerdere gebruikers	$\leq 35 \text{ s}$
kantoorgebouwen met 1 gebruiker	$\leq 30 \text{ s}$

Vulgraad van de liftkooi

Voor de vulgraad van de liftkooi wordt 70 % aangehouden.

Wachttijd (LWT = Waiting Time at the main Lobby)

De wachttijd voor de personenliften mag niet groter zijn dan de standaard rittijd.

7 Alternatieven voor het systeem van personenliften

In dit hoofdstuk zijn de alternatieven voor het systeem van personenliften behandeld. In het eerste deel van dit hoofdstuk is een korte inleiding betreffende de verschillende alternatieven en gemaakte keuzes gegeven. In de eerste paragraaf is het nulalternatief behandeld. In de volgende paragrafen zijn nog vijf alternatieven behandeld. In de laatste paragraaf zijn de verschillende alternatieven kort samengevat. In hoofdstuk 8 *Conclusie* is vervolgens de conclusie van dit rapport gegeven.

Verkeersstromen in de TriAngle Tower

In het ruimtelijk ontwerp is één hoofdentree gemaakt. Deze zit in de westzijde van de kwartronde toren. Behalve via de hoofdentree komen de werknemers ook via de parkeergarage en de fietsenstalling binnen. In het ruimtelijk ontwerp zijn de personenliften centraal in de TriAngle Tower geplaatst, zodat ze eenvoudig bereikbaar zijn.

Daarnaast zijn de personenliften in de toren geplaatst, waardoor alle verdiepingen te bereiken zijn met de personenliften. Als de personenliften bijvoorbeeld in de noordvleugel of de zuidvleugel geplaatst worden, kunnen niet alle verdiepingen in de toren met deze personenliften bereikt worden, omdat de noordvleugel en de zuidvleugel niet hoog genoeg zijn.

Om bovenstaande redenen is gekozen voor centrale liftgroepen.

Het aantal te gebruiken liftzones

Uit paragraaf 3.2 *Het gebruik van liftzones* kan worden bepaald in hoeveel liftzones de TriAngle Tower verdeeld moet worden. De TriAngle Tower telt 37 verdiepingen. Dit betekent dat de TriAngle Tower in drie liftzones verdeeld moet worden (zie alternatief C in figuur 3.1). Maar uit de berekeningen, die later in dit hoofdstuk gemaakt zijn, blijkt dat de gebruikseisen in sommige gevallen gehaald worden als de TriAngle Tower in twee liftzones is verdeeld (zie alternatief B in figuur 3.1).

Bij de alternatieven, die later in dit hoofdstuk behandeld zijn, is de TriAngle Tower in twee of drie zones verdeeld. Dit betekent dat er geen expresliften in de TriAngle Tower worden geplaatst. Door de grote hoogte van de TriAngle Tower worden tractieliften gebruikt en worden geen hydraulische liften gebruikt.

De TriAngle Tower wordt dus of in twee of in drie liftzones verdeeld.

Het aantal werknemers per verdieping

Voordat de berekeningen betreffende het systeem van personenliften gemaakt kunnen worden, is bekeken hoeveel werknemers op elke verdieping werken. Dit is gedaan door het bruto vloer oppervlak te delen door het aantal vierkante meter per persoon. Het aantal werknemers per verdieping is te zien in onderstaande tabel (zie tabel 7.1).

Het bruto vloer oppervlak per verdieping is berekend in hoofdstuk 5 *Ruimtelijk ontwerp*. Het aantal vierkante meter per persoon is weergegeven in hoofdstuk 6 *Het Programma van Eisen*.

tabel 7.1: het aantal werknemers per verdieping

verdieping	BVO (m ²)	aantal werknemers
begane grond, 1 ^{ste} verdieping tot en met 7 ^{de} verdieping	2000	90
8 ^{ste} verdieping tot en met 11 ^{de} verdieping	1580	70
12 ^{de} verdieping tot en met 23 ^{ste} verdieping	1020	45
24 ^{ste} verdieping tot en met 31 ^{ste} verdieping	640	30
32 ^{ste} verdieping	installaties	0
33 ^{ste} verdieping tot en met 36 ^{ste} verdieping	210	10
37 ^{ste} verdieping	installaties	0

Uppeak-berekeningen

Voor de berekeningen betreffende het systeem van personenliften is gebruik gemaakt van de zogeheten uppeak-berekeningen. Bij de uppeak-berekeningen zijn de verschillende grootheden zoals de intervaltijd en de 5 minuten vervoerscapaciteit berekend tijdens de ochtendspits. Tijdens de ochtendspits moeten alle werknemers vanaf de begane grond naar de desbetreffende verdieping.

Bij de uppeak-berekening zijn alleen de personenliften meegenomen. De brandweerlift en de goederenlift zijn daarom niet meegenomen in onderstaande alternatieven.

De bedrijfsrestaurants zijn gelegen op de begane grond en de eerste verdieping. Hierdoor is de middagspits te vergelijken met de ochtendspits. Tijdens de middagspits lopen de verkeersstromen van personen in eerste instantie in de tegengestelde richting, waarna de richting van de verkeersstromen van personen vervolgens hetzelfde is als tijdens de ochtendspits.

Het is in eerste instantie niet nodig om extra berekeningen betreffende de middagspits te maken. Ditzelfde geldt voor de avondspits.

Het computerprogramma dat gebruikt is tijdens de berekeningen betreffende het systeem van personenliften is niet in staat om twinliften en geavanceerde besturingssystemen mee te nemen in de berekeningen. Om deze redenen zijn deze aspecten niet meegenomen in de berekeningen. Door het gebruik van twinliften en geavanceerde besturingssystemen wordt het systeem van personenliften optimaler gebruikt.

Minimale configuratie van het systeem van personenliften

Als bekend is tot waar de verschillende personenliften lopen, kunnen de uppeak-berekeningen voor het systeem van personenliften worden gemaakt. Bij de uppeak-berekeningen is het aantal personenliften per zone variabel aangenomen. Op deze manier is te zien bij welke configuratie de verschillende gebruikseisen bereikt worden. De gebruikseisen worden per type gebruiker in onderstaande tabel weergegeven (zie tabel 7.2).

tabel 7.2: de minimale gebruikseisen per type gebruiker

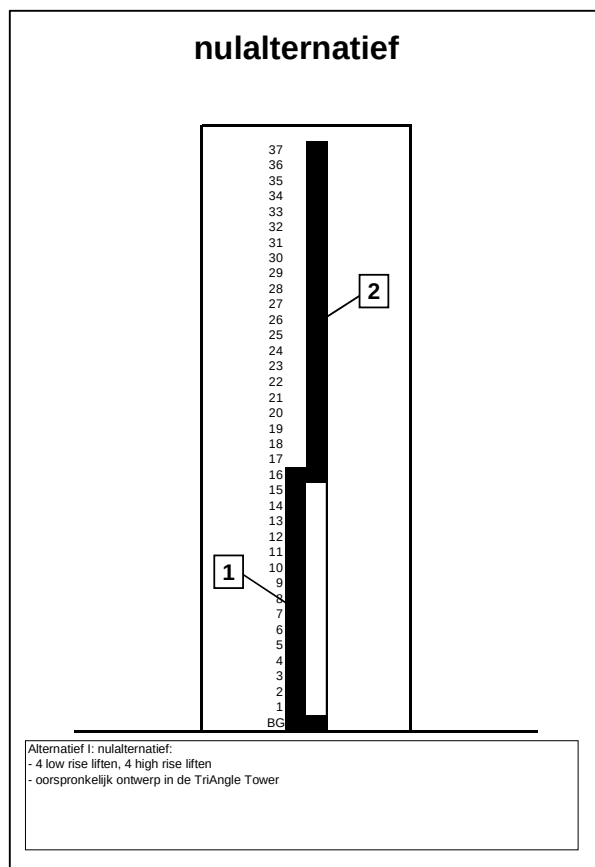
type gebruiker of gebruikers	AIT	5MHC
meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip	≤ 35 s	≥ 10 %
meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip	≤ 35 s	≥ 18 %
1 gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip	≤ 30 s	≥ 12 %
1 gebruiker met controle op aanvangstijdstip	≤ 30 s	≥ 18 %

Vervolgens is per alternatief, per gebruikseis en per zone bekeken bij welke minimale configuratie het systeem van personenliften voldoet aan het Programma van Eisen. De minimale configuratie van het systeem van personenliften is volgens de volgende regels bepaald:

- 1) het minimale aantal personenliften per zone;
- 2) de minimale capaciteit van de personenliften;
- 3) de minimale snelheid van de personenliften.

7.1 Alternatief I: Het nulalternatief

Bij het nulalternatief is de situatie aangehouden, zoals deze in het ruimtelijk ontwerp is ontworpen. Bij het nulalternatief is de TriAngle Tower in twee zones verdeeld. In beide liftzones zijn vier personenliften geplaatst. De personenliften in de eerste zone stoppen op de begane grond tot en met de 15^{de} verdieping. De personenliften in de tweede zone stoppen op de begane grond en de 16^{de} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping (zie figuur 7.1).



figuur 7.1: schematische weergave van het systeem van personenliften in de TriAngle Tower bij alternatief I: het nulalternatief

De resultaten van de uppeak-berekeningen voor dit systeem van personenliften zijn opgenomen in bijlage IV *Resultaten van de uppeak-berekeningen voor het nulalternatief*. In deze bijlage zijn alleen de configuraties van het systeem van de personenliften weergegeven, die tenminste voldoen aan de minimale eisen in het Programma van Eisen (dit zijn de gebruikseisen voor meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip).

In onderstaande tabel is per zone aangegeven bij welke minimale configuratie van het systeem van personenliften aan de verschillende gebruikseisen is voldaan (zie tabel 7.3). In bijlage IV *Resultaten van de uppeak-berekeningen voor het nulalternatief* zijn deze waarden grijs gearceerd.

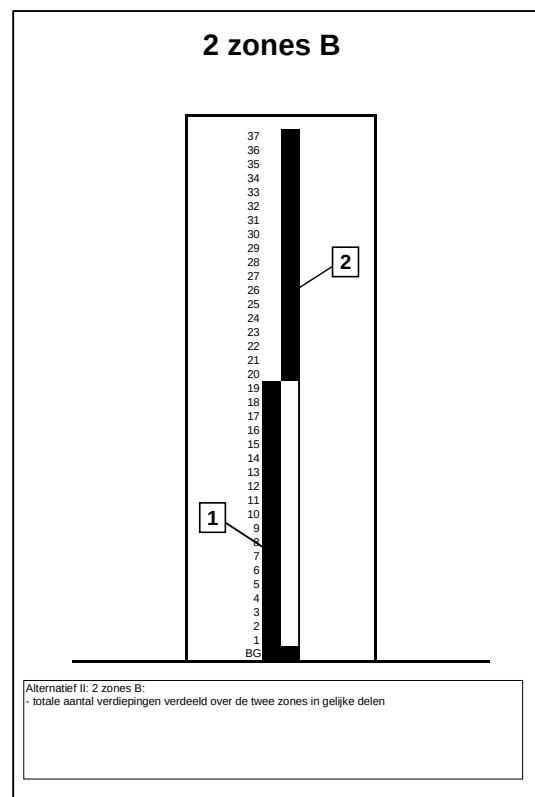
Om eenvoudig van de ene zone naar de ander zone over te kunnen stappen, stopt de lift van de onderste zone één verdieping hoger. Dit is niet weergegeven in de bovenstaand figuur en ook niet meegenomen in de berekeningen, aangezien dit geen betekenis heeft.

tabel 7.3: de minimale configuratie van het systeem van de personenliften voor de verschillende gebruikseisen per zone voor alternatief I: het nulalternatief

meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	4	2,5	1250	132,89	33,22	10,13
2	4	5	640	111,24	27,81	10,11
meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	5	2,5	1250	132,89	26,58	12,66
2	5	5	640	111,24	22,25	12,64
1 gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	6	4	1600	139,45	23,24	18,09
2	5	5	1250	155,49	31,1	18,09
1 gebruiker met controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	6	4	1600	139,45	23,24	18,09
2	6	5	1000	135,2	22,53	18,72

7.2 Alternatief II: 2 zones B

Bij alternatief II: 2 zones B is het totaal aantal verdiepingen van de TriAngle Tower verdeeld in twee gelijke delen. De personenliften in de eerste zone stoppen op de begane grond tot en met de 19^{de} verdieping. De personenliften in de tweede zone stoppen op de begane grond en de 20^{de} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping (zie figuur 7.2).



figuur 7.2: schematische weergave van het systeem van personenliften in de TriAngle Tower bij alternatief II: 2 zones B

De resultaten van de uppeak-berekeningen voor dit systeem van personenliften zijn opgenomen in bijlage V *Resultaten van de uppeak-berekeningen voor 2 zones B*. In deze bijlage zijn alleen de configuraties van het systeem van de personenliften weergegeven, die tenminste voldoen aan de minimale eisen in het Programma van Eisen (dit zijn de gebruikseisen voor meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip).

In onderstaande tabel is per zone aangegeven bij welke minimale configuratie van het systeem van personenliften aan de verschillende gebruikseisen is voldaan (zie tabel 7.4). In bijlage V *Resultaten van de uppeak-berekeningen voor 2 zones B* zijn deze waarden grijs gearceerd.

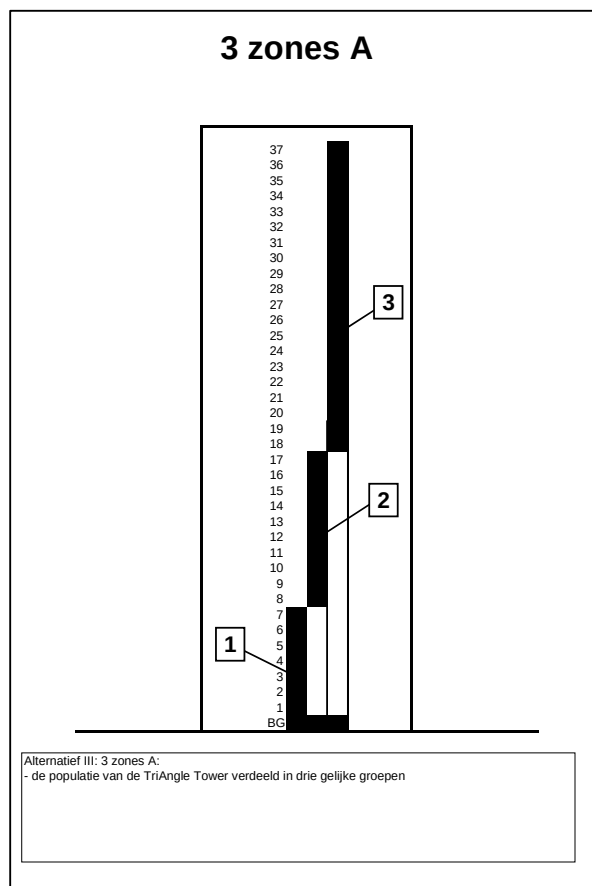
Om eenvoudig van de ene zone naar de ander zone over te kunnen stappen, stopt de lift van de onderste zone één verdieping hoger. Dit is niet weergegeven in de bovenstaand figuur en ook niet meegenomen in de berekeningen, aangezien dit geen betekenis heeft.

tabel 7.4: de minimale configuratie van het systeem van de personenliften voor de verschillende gebruikseisen per zone voor alternatief II: 2 zones B

meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	5	3,15	1250	139,83	27,97	10,3
2	4	3	640	134,58	33,65	11,63
meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	6	3	1250	143,77	23,96	12,02
2	4	4	640	118,24	29,56	13,24
1 gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	7	3,5	2000	175,89	25,13	18,15
2	4	6	1000	127,39	31,85	18,43
1 gebruiker met controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	7	3,5	2000	175,89	25,13	18,15
2	5	6	640	105,75	21,15	18,5

7.3 Alternatief III: 3 zones A

Bij alternatief III: 3 zones A is de totale populatie van de TriAngle Tower verdeeld in drie gelijke groepen. De personenliften in de eerste zone stoppen op de begane grond tot en met de 7^{de} verdieping. De personenliften in de tweede zone stoppen op de begane grond en de 8^{ste} verdieping tot en met de 18^{de} verdieping. De personenliften in de derde zone stoppen op de begane grond en de 18^{de} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping (zie figuur 7.3).



figuur 7.3: schematische weergave van het systeem van personenliften in de TriAngle Tower bij alternatief III: 3 zones A

De resultaten van de uppeak-berekeningen voor dit systeem van personenliften zijn opgenomen in bijlage VI *Resultaten van de uppeak-berekeningen voor 3 zones A*. In deze bijlage zijn alleen de configuraties van het systeem van de personenliften weergegeven, die tenminste voldoen aan de minimale eisen in het Programma van Eisen (dit zijn de gebruikseisen voor meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip).

In onderstaande tabel is per zone aangegeven bij welke minimale configuratie van het systeem van personenliften aan de verschillende gebruikseisen is voldaan (zie tabel 7.5). In bijlage VI *Resultaten van de uppeak-berekeningen voor 3 zones A* zijn deze waarden grijs gearceerd.

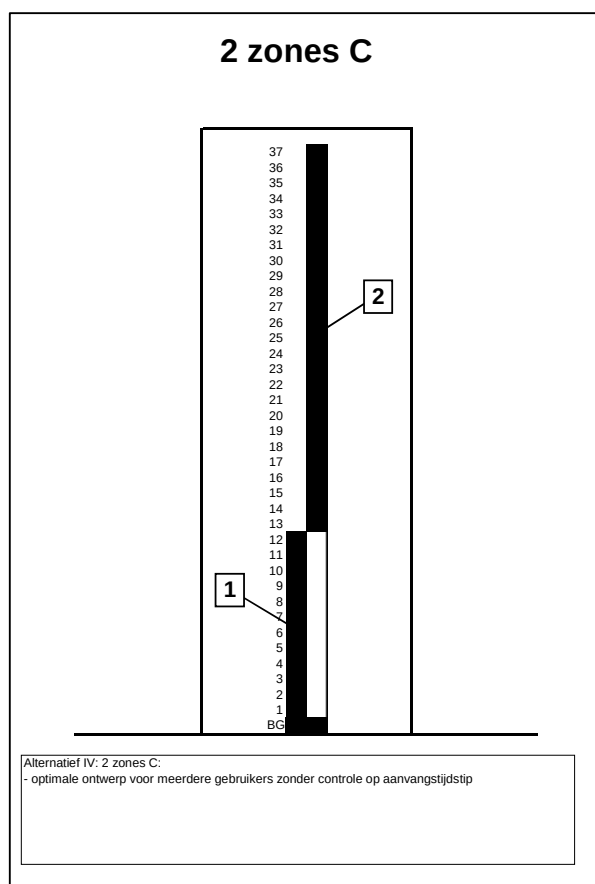
Om eenvoudig van de ene zone naar de ander zone over te kunnen stappen, stopt de lift van de onderste zone één verdieping hoger. Dit is niet weergegeven in de bovenstaand figuur en ook niet meegenomen in de berekeningen, aangezien dit geen betekenis heeft.

tabel 7.5: de minimale configuratie van het systeem van de personenliften voor de verschillende gebruikseisen per zone voor alternatief III: 3 zones A

meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	3	1,6	640	75,82	25,27	11,68
2	3	3	640	94,35	31,45	10,41
3	4	3,15	640	129,15	32,29	10,14
meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	3	2	640	71,94	23,98	12,31
2	3	6	800	88,94	29,65	12,88
3	4	6	640	106,49	26,62	12,29
1 gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	3	2,5	1250	95,1	31,7	18,62
2	4	3,15	1000	108,97	27,24	18,02
3	5	6	1000	129,32	25,86	18,98
1 gebruiker met controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	4	2,5	800	75,08	18,77	18,34
2	4	3,15	1000	108,97	27,24	18,02
3	5	6	1000	129,32	25,86	18,98

7.4 Alternatief IV: 2 zones C

Bij alternatief IV: 2 zones C is gekeken naar de minimale gebruikseisen, die gelden wanneer er meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip gebruik maken van de TriAngle Tower. Aan de hand van deze gebruikseisen is het systeem van personenliften geoptimaliseerd. Na een iteratief proces is de TriAngle Tower verdeeld in 2 zones. De personenliften in de eerste zone stoppen op de begane grond tot en met de 12^{de} verdieping. De personenliften in de tweede zone stoppen op de begane grond en de 13^{de} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping (zie figuur 7.4).



figuur 7.4: schematische weergave van het systeem van personenliften in de TriAngle Tower bij alternatief IV: 2 zones C

De resultaten van de uppeak-berekeningen voor dit systeem van personenliften zijn opgenomen in bijlage VII *Resultaten van de uppeak-berekeningen voor 2 zones C*. In deze bijlage zijn alleen de configuraties van het systeem van de personenliften weergegeven, die tenminste voldoen aan de minimale eisen in het Programma van Eisen (dit zijn de gebruikseisen voor meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip).

In onderstaande tabel is per zone aangegeven bij welke minimale configuratie van het systeem van personenliften aan de verschillende gebruikseisen is voldaan (zie tabel 7.6). In bijlage VII *Resultaten van de uppeak-berekeningen voor 2 zones C* zijn deze waarden grijs gearceerd.

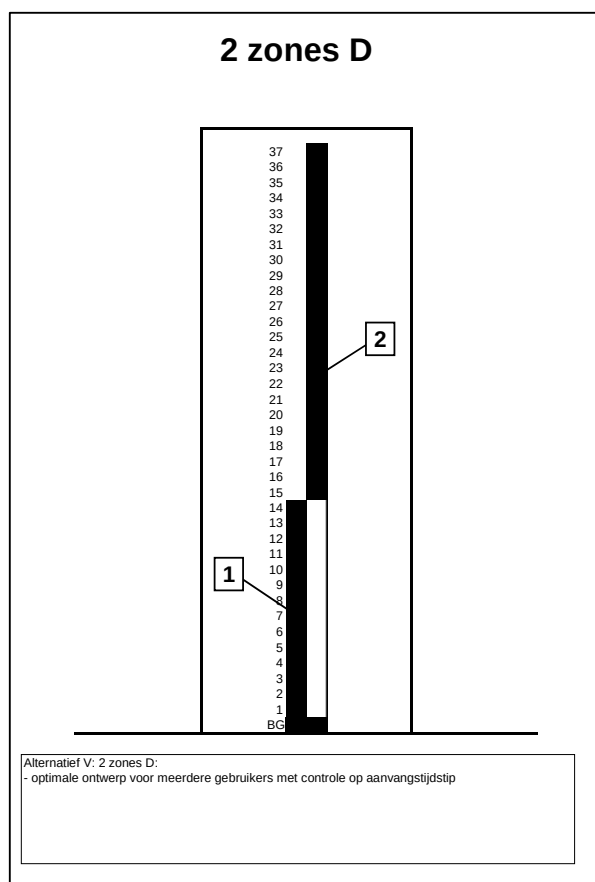
Om eenvoudig van de ene zone naar de ander zone over te kunnen stappen, stopt de lift van de onderste zone één verdieping hoger. Dit is niet weergegeven in de bovenstaand figuur en ook niet meegenomen in de berekeningen, aangezien dit geen betekenis heeft.

tabel 7.6: de minimale configuratie van het systeem van de personenliften voor de verschillende gebruikseisen per zone voor alternatief IV: 2 zones C

meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	4	3,15	800	88,01	22	10,21
2	4	5	1000	136,96	34,24	10,17
meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	4	3	1250	118,97	29,74	12,95
2	5	4	1000	143,49	28,7	12,14
1 gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	5	3	1600	132,36	26,47	18,18
2	6	6	1250	154,82	25,8	18
1 gebruiker met controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	5	3	1600	132,36	26,47	18,18
2	6	6	1250	154,82	25,8	18

7.5 Alternatief V: 2 zones D

Bij alternatief V: 2 zones D is gekeken naar de minimale gebruikseisen, die gelden wanneer er meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip gebruik maken van de TriAngle Tower. Aan de hand van deze gebruikseisen is het systeem van personenliften geoptimaliseerd. Na een iteratief proces is de TriAngle Tower verdeeld in 2 zones. De personenliften in de eerste zone stoppen op de begane grond tot en met de 14^{de} verdieping. De personenliften in de tweede zone stoppen op de begane grond en de 15^{de} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping (zie figuur 7.5).



figuur 7.5: schematische weergave van het systeem van personenliften in de TriAngle Tower bij alternatief V: 2 zones D

De resultaten van de uppeak-berekeningen voor dit systeem van personenliften zijn opgenomen in bijlage VIII *Resultaten van de uppeak-berekeningen voor 2 zones D*. In deze bijlage zijn alleen de configuraties van het systeem van de personenliften weergegeven, die tenminste voldoen aan de minimale eisen in het Programma van Eisen (dit zijn de gebruikseisen voor meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip).

In onderstaande tabel is per zone aangegeven bij welke minimale configuratie van het systeem van personenliften aan de verschillende gebruikseisen is voldaan (zie tabel 7.7). In bijlage VIII *Resultaten van de uppeak-berekeningen voor 2 zones D* zijn deze waarden grijs gearceerd.

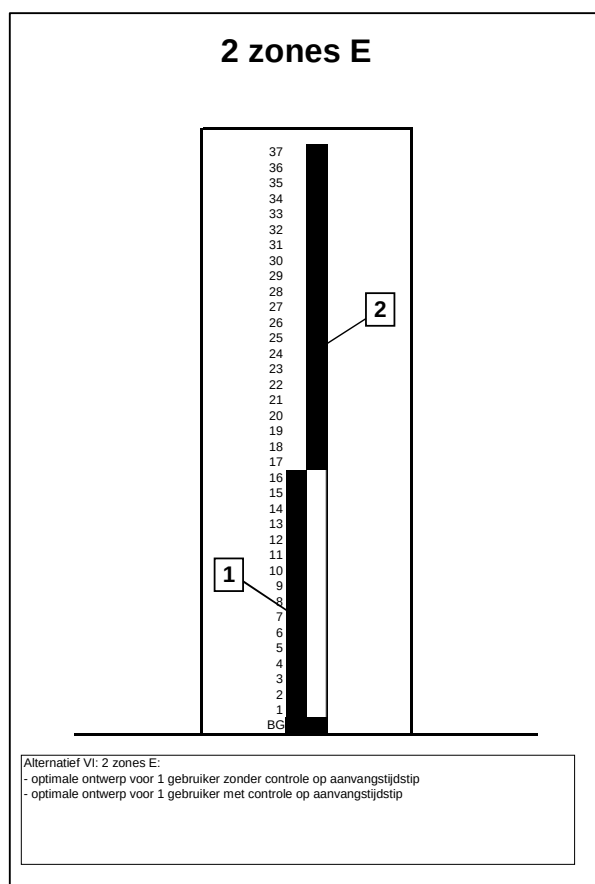
Om eenvoudig van de ene zone naar de ander zone over te kunnen stappen, stopt de lift van de onderste zone één verdieping hoger. Dit is niet weergegeven in de bovenstaand figuur en ook niet meegenomen in de berekeningen, aangezien dit geen betekenis heeft.

tabel 7.7: de minimale configuratie van het systeem van de personenliften voor de verschillende gebruikseisen per zone voor alternatief V: 2 zones D

meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	4	3,5	1000	104,93	26,23	10,04
2	5	5	800	120,04	30,01	10,22
meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	5	3	1000	109,01	21,8	12,08
2	5	6	640	107,38	21,48	12,24
1 gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	5	3,5	2000	153,61	30,72	18,1
2	5	5	1600	174,77	34,95	18,79
1 gebruiker met controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	5	6	2000	149,92	29,98	18,55
2	6	3,15	1250	173,86	28,98	18,14

7.6 Alternatief VI: 2 zones E

Bij alternatief V: 2 zones D is gekeken naar de minimale gebruikseisen, die gelden wanneer er 1 gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip gebruik maakt van de TriAngle Tower. Aan de hand van deze gebruikseisen is het systeem van personenliften geoptimaliseerd. Na een iteratief proces is de TriAngle Tower verdeeld in 2 zones. De personenliften in de eerste zone stoppen op de begane grond tot en met de 16^{de} verdieping. De personenliften in de tweede zone stoppen op de begane grond en de 17^{de} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping (zie figuur 7.6).



figuur 7.6: schematische weergave van het systeem van personenliften in de TriAngle Tower bij alternatief VI: 2 zones E

De resultaten van de uppeak-berekeningen voor dit systeem van personenliften zijn opgenomen in bijlage IX *Resultaten van de uppeak-berekeningen voor 2 zones E*. In deze bijlage zijn alleen de configuraties van het systeem van de personenliften weergegeven, die tenminste voldoen aan de minimale eisen in het Programma van Eisen (dit zijn de gebruikseisen voor meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip).

In onderstaande tabel is per zone aangegeven bij welke minimale configuratie van het systeem van personenliften aan de verschillende gebruikseisen is voldaan (zie tabel 7.8). In bijlage IX *Resultaten van de uppeak-berekeningen voor 2 zones E* zijn deze waarden grijs gearceerd.

Om eenvoudig van de ene zone naar de ander zone over te kunnen stappen, stopt de lift van de onderste zone één verdieping hoger. Dit is niet weergegeven in de bovenstaand figuur en ook niet meegenomen in de berekeningen, aangezien dit geen betekenis heeft.

tabel 7.8: de minimale configuratie van het systeem van de personenliften voor de verschillende gebruikseisen per zone voor alternatief VI: 2 zones E

meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	4	3,5	1250	128,82	32,21	10,03
2	4	4	640	118,3	29,57	10,23
meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	6	5	1800	150,79	25,13	18,2
2	5	3,5	1250	167,29	33,46	18,08
1 gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	5	3	1250	133,63	26,73	12,08
2	4	5	1000	134,52	33,63	13,49
1 gebruiker met controle op aanvangstijdstip						
zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	6	5	1800	150,79	25,13	18,2
2	5	6	1250	149,92	29,98	20,18

Vervolgens is gekeken naar de minimale gebruikseisen, die gelden wanneer er 1 gebruiker met controle op aanvangstijdstip gebruik maakt van de TriAngle Tower. Aan de hand van deze gebruikseisen is het systeem van personenliften geoptimaliseerd. Na een iteratief proces is gebleken dat ook voor deze gebruikseisen alternatief VI: 2 zones E het optimale alternatief is.

7.7 Samenvatting alternatieven

In deze paragraaf is een korte samenvatting gegeven van de alternatieven, die behandeld zijn in de paragrafen 7.1 *Alternatief I: Nulalternatief* tot en met 7.6 *Alternatief VI: 2 zones E*. Hieronder is per gebruikseis de minimale configuratie van het systeem van personenliften van elk alternatief weergegeven.

Per gebruikseis is bepaald welk alternatief het best is en welk alternatief het minst goed is. Dit is gedaan door te kijken naar de totale oppervlakte, die door het hele systeem van personenliften wordt ingenomen.

In eerste instantie is het totaal aantal liftschachten, dat door het hele systeem van personenliften gebruikt wordt, zo klein mogelijk gehouden. Vervolgens is het aantal personenliften in de hoogste zone zo klein mogelijk gehouden, omdat de liftschachten van de hoogste zone tot de top van het gebouw doorlopen. Daarna is gekeken naar de hoogte van de liftschachten van de personenliften in de lagere zones. Des te lager de lagere zones zijn, des te minder oppervlak nemen de liftschachten van de personenliften van de lagere zones in.

Meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip

In onderstaande tabel zijn de verschillende alternatieven weergegeven. Het bovenste alternatief scoort het best en het onderste alternatief scoort het slechtst als meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip gebruik maken van de TriAngle Tower (zie tabel 7.9).

tabel 7.9: het beste alternatief tot en met het slechtste alternatief voor de gebruikseisen voor meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip

alternatief	zone 1		zone 2		zone 3		totaal aantal liften
	aantal liften	einde zone	aantal liften	einde zone	aantal liften	einde zone	
IV: 2 zones C	4	12	4	37	-	-	8
V: 2 zones D	4	14	4	37	-	-	8
I: nulalternatief	4	15	4	37	-	-	8
VI: 2 zones E	4	16	4	37	-	-	8
II: 2 zones B	5	19	4	37	-	-	9
III: 3 zones A	3	7	3	17	4	37	10

Uit bovenstaande tabel blijkt, zoals reeds in paragraaf 7.4 *Alternatief IV: 2 zones C* behandeld is dat alternatief IV: 2 zones C het beste alternatief is als er meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip gebruik maken van de TriAngle Tower.

Meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip

In onderstaande tabel zijn de verschillende alternatieven weergegeven. Het bovenste alternatief scoort het best en het onderste alternatief scoort het slechtst als meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip gebruik maken van de TriAngle Tower (zie tabel 7.10).

tabel 7.10: het beste alternatief tot en met het slechtste alternatief voor de gebruikseisen voor meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip

alternatief	zone 1		zone 2		zone 3		totaal aantal liften
	aantal liften	einde zone	aantal liften	einde zone	aantal liften	einde zone	
V: 2 zones D	5	14	5	37	-	-	10
II: 2 zones B	7	19	4	37	-	-	11
I: nulalternatief	6	15	5	37	-	-	11
VI: 2 zones E	6	16	5	37	-	-	11
IV: 2 zones C	5	12	6	37	-	-	11
III: 3 zones A	3	7	4	17	5	37	12

Uit bovenstaande tabel blijkt, zoals reeds in paragraaf 7.5 *Alternatief V: 2 zones D* behandeld is dat alternatief V: 2 zones D het beste alternatief is als er meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip gebruik maken van de TriAngle Tower.

Één gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip

In onderstaande tabel zijn de verschillende alternatieven weergegeven. Het bovenste alternatief scoort het best en het onderste alternatief scoort het slechtst als één gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip gebruik maakt van de TriAngle Tower (zie tabel 7.11).

tabel 7.11: het beste alternatief tot en met het slechtste alternatief voor de gebruikseisen voor één gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip

alternatief	zone 1		zone 2		zone 3		totaal aantal liften
	aantal liften	einde zone	aantal liften	einde zone	aantal liften	einde zone	
VI: 2 zones E	5	16	4	37	-	-	9
IV: 2 zones C	4	12	5	37	-	-	9
I: nulalternatief	4	15	5	37	-	-	9
II: 2 zones B	6	19	4	37	-	-	10
V: 2 zones D	5	14	5	37	-	-	10
III: 3 zones A	3	7	3	17	4	37	10

Uit bovenstaande tabel blijkt, zoals reeds in paragraaf 7.6 *Alternatief VI: 2 zones E* behandeld is dat alternatief VI: 2 zones E het beste alternatief is als er 1 gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip gebruik maakt van de TriAngle Tower.

Één gebruiker met controle op aanvangstijdstip

In onderstaande tabel zijn de verschillende alternatieven weergegeven. Het bovenste alternatief scoort het best en het onderste alternatief scoort het slechtst als één gebruiker met controle op aanvangstijdstip gebruik maakt van de TriAngle Tower (zie tabel 7.12).

tabel 7.12: het beste alternatief tot en met het slechtste alternatief voor de gebruikseisen voor één gebruiker met controle op aanvangstijdstip

alternatief	zone 1		zone 2		zone 3		totaal aantal liften
	aantal liften	einde zone	aantal liften	einde zone	aantal liften	einde zone	
VI: 2 zones E	6	16	5	37	-	-	11
IV: 2 zones C	5	12	6	37	-	-	11
V: 2 zones D	5	14	6	37	-	-	11
II: 2 zones B	7	19	5	37	-	-	12
I: nulalternatief	6	15	6	37	-	-	12
III: 3 zones A	4	7	4	17	5	37	13

Uit bovenstaande tabel blijkt, zoals reeds in paragraaf 7.6 *Alternatief VI: 2 zones E* behandeld is dat alternatief VI: 2 zones E het beste alternatief is als er één gebruiker met controle op aanvangstijdstip gebruik maakt van de TriAngle Tower.

8 Conclusie

In dit hoofdstuk is de conclusie van dit rapport gegeven. In de conclusie is antwoord gegeven op de doelstelling, die behandeld is in paragraaf 2.3 *De Doelstelling*. De doelstelling van dit rapport luidt:

Onderzoek of het systeem van personenliften in de TriAngle Tower uit het ruimtelijk ontwerp voldoet aan het Programma van Eisen.

Als het systeem van personenliften niet voldoet aan het Programma van Eisen, ontwerp dan een systeem van personenliften dat wel voldoet aan het Programma van Eisen.

In het eerste deel van dit hoofdstuk is bekeken of alternatief I: het nulalternatief voldoet aan het Programma van Eisen. In de volgende delen van dit hoofdstuk is per gebruikseis bekeken welk alternatief voldoet aan de desbetreffende gebruikseisen uit het Programma van Eisen.

Alternatief I: het nulalternatief

Bij het nulalternatief zijn vier low rise personenliften geplaatst, die stoppen op de begane grond tot en met de 15^{de} verdieping. Daarnaast zijn er vier high rise personenliften geplaatst, die stoppen op de begane grond en de 16^{de} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping.

Het nulalternatief voldoet alleen aan de gebruikseisen, die gesteld worden, als er meerdere gebruikers van de TriAngle Tower gebruik maken en als er geen controle op aanvangstijdstip is. De gebruikseisen, die gesteld zijn voor dit type gebruiker is:

- de intervaltijd is kleiner of gelijk aan 35 seconden;
- de 5 minuten vervoerscapaciteit is groter of gelijk aan 10 %.

Als een ander type gebruiker van de TriAngle Tower gebruik gaat maken, dan moeten meer personenliften in de TriAngle Tower geplaatst worden om te voldoen aan de desbetreffende gebruikseisen uit het Programma van Eisen.

Meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip

Bij dit type gebruiker moet worden voldaan aan de volgende eisen:

- de intervaltijd is kleiner of gelijk aan 35 seconden;
- de 5 minuten vervoerscapaciteit is groter of gelijk aan 10 %.

Het alternatief dat het beste scoort bij deze gebruikseisen is alternatief IV: 2 zones C. Bij dit alternatief is de TriAngle Tower verdeeld in twee zones. De personenliften in de eerste zone stoppen op de begane grond tot en met de 12^{de} verdieping. De personenliften in de tweede zone stoppen op de begane grond en de 13^{de} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping. In onderstaande tabel is aangegeven welke minimale configuratie van het systeem van personenliften voor de beide zones voldoet aan bovenstaande gebruikseisen (zie tabel 8.1).

tabel 8.1: minimale configuratie van het systeem van personenliften dat voldoet aan de gebruikseisen voor meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip

zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	4	3,15	800	88,01	22	12,21
2	4	5	1000	136,96	34,24	10,17

Meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip

Bij dit type gebruiker moet worden voldaan aan de volgende eisen:

- de intervaltijd is kleiner of gelijk aan 35 seconden;
- de 5 minuten vervoerscapaciteit is groter of gelijk aan 18 %.

Het alternatief dat het beste scoort bij deze gebruikseisen is alternatief V: 2 zones D. Bij dit alternatief is de TriAngle Tower verdeeld in twee zones. De personenliften in de eerste zone

stoppen op de begane grond tot en met de 14^{de} verdieping. De personenliften in de tweede zone stoppen op de begane grond en de 15^{de} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping. In onderstaande tabel is aangegeven welke minimale configuratie van het systeem van personenliften voor de beide zones voldoet aan bovenstaande gebruikseisen (zie tabel 8.2).

tabel 8.2: minimale configuratie van het systeem van personenliften dat voldoet aan de gebruikseisen voor meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip

zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	5	3	1000	109,01	21,8	12,08
2	5	6	640	107,38	21,48	12,24

Één gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip

Bij dit type gebruiker moet worden voldaan aan de volgende eisen:

- de intervaltijd is kleiner of gelijk aan 30 seconden;
- de 5 minuten vervoerscapaciteit is groter of gelijk aan 12 %.

Het alternatief dat het beste scoort bij deze gebruikseisen is alternatief V: 2 zones E. Bij dit alternatief is de TriAngle Tower verdeeld in twee zones. De personenliften in de eerste zone stoppen op de begane grond tot en met de 16^{de} verdieping. De personenliften in de tweede zone stoppen op de begane grond en de 17^{de} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping. In onderstaande tabel is aangegeven welke minimale configuratie van het systeem van personenliften voor de beide zones voldoet aan bovenstaande gebruikseisen (zie tabel 8.3).

tabel 8.3: minimale configuratie van het systeem van personenliften dat voldoet aan de gebruikseisen voor één gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip

zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	5	3	1250	133,63	26,73	12,08
2	4	5	1000	134,52	33,63	13,49

Één gebruiker met controle op aanvangstijdstip

Bij dit type gebruiker moet worden voldaan aan de volgende eisen:

- de intervaltijd is kleiner of gelijk aan 30 seconden;
- de 5 minuten vervoerscapaciteit is groter of gelijk aan 18 %.

Het alternatief dat het beste scoort bij deze gebruikseisen is alternatief V: 2 zones E. Bij dit alternatief is de TriAngle Tower verdeeld in twee zones. De personenliften in de eerste zone stoppen op de begane grond tot en met de 16^{de} verdieping. De personenliften in de tweede zone stoppen op de begane grond en de 17^{de} verdieping tot en met de 37^{ste} verdieping. In onderstaande tabel is aangegeven welke minimale configuratie van het systeem van personenliften voor de beide zones voldoet aan bovenstaande gebruikseisen (zie tabel 8.4).

tabel 8.4: minimale configuratie van het systeem van personenliften dat voldoet aan de gebruikseisen voor één gebruiker met controle op aanvangstijdstip

zone	aantal liften	snelheid (m/s)	capaciteit (kg)	RTT (s)	AIT (s)	5 MHC (%)
1	6	5	1800	150,79	25,13	18,2
2	5	6	1250	149,92	29,98	20,18

9 Aanbevelingen

In dit hoofdstuk zijn de aanbevelingen gegeven, die voortkomen uit de voorgaande hoofdstukken. De aanbevelingen zijn te verdelen in twee groepen. Ten eerste zijn aanbevelingen betreffende het ruimtelijk ontwerp gemaakt, deze zijn in het eerste deel van dit hoofdstuk gegeven. In het tweede deel van dit hoofdstuk zijn aanbevelingen betreffende de uppeak-berekeningen, die gemaakt zijn voor het systeem van personenliften, gegeven.

Aanbevelingen betreffende het ruimtelijk ontwerp

Aan de hand van de conclusie is eenvoudig op te maken welke extra maatregelen ten opzichte van het alternatief I: het nulalternatief moeten worden getroffen om te voldoen aan het Programma van Eisen. Deze maatregelen zijn afhankelijk van het type gebruiker en zijn:

- meerdere gebruikers zonder controle op aanvangstijdstip: geen maatregelen;
- meerdere gebruikers met controle op aanvangstijdstip: twee extra personenliften;
- één gebruiker zonder controle op aanvangstijdstip: één extra personenlift;
- één gebruiker met controle op aanvangstijdstip: drie extra personenliften.

De gebruiker van de TriAngle Tower is nog niet bekend. Om deze reden wordt aanbevolen om alternatief V: 2 zones D toe te passen, waarbij twee extra personenliften in het ruimtelijk ontwerp moeten worden geplaatst. Op deze manier voldoen drie van de vier type gebruikers aan het Programma van Eisen. Als op een later tijdstip een geavanceerd besturingssysteem wordt toegepast, is het misschien ook mogelijk dat dit alternatief voldoet aan de gebruikseisen behorende bij één gebruiker met controle op aanvangstijdstip.

Aanbevelingen betreffende de uppeak-berekeningen

Bij de uppeak-berekeningen is geen rekening gehouden met aspecten, zoals twinliften of een geavanceerd besturingssysteem. Deze aspecten kunnen niet worden ingevoerd in het gebruikte liftprogramma.

Als twinliften of een geavanceerd besturingssysteem gebruikt worden, zou dit kunnen betekenen dat er minder personenliften of minder liftschachten, in verband met twinliften, nodig zijn om toch aan de verschillende gebruikseisen te voldoen. Dit kan gedaan worden door de behandelde systemen van personenliften in te voeren in een ander computerprogramma, waarin deze aspecten wel kunnen worden ingevoerd.

Literatuurlijst

Boeken/readers

- [1.1] "High rise buildings"; Prof.ir. J. Berenbak, Liselotte Apon; maart 2001
- [1.2] "Installaties; capita selecta", Prof.ir. J.J.M. Cauberg, augustus 2001
- [1.3] "Jellema Hogere Bouwkunde; 6c Liften en Roltrappen; Bouwtechniek", ing. Ch. Rentier, juli 1996
- [1.4] "Vertical Transportation for buildings", Rodney R. Adler, 1970
- [1.5] "The Vertical Transportation Handbook", third edition, George R. Strakosch, 1998
- [1.6] "Walter Meyer-Bohe; Transportsysteme im Hochbau", Alexander Koch, 1982
- [1.7] "Handleiding voor het gebruik van het Schindler-computerprogramma t.b.v. het in opzet ontwerpen van liftsystemen voor hoogbouwprojecten", vakgroep Bouwtechnologie - Sector Installaties

Brochures

- [2.1] "TriAngle Tower"; De Wilgen Vastgoed Rotterdam BV

Afstudeerverslagen

- [3.1] "Windbelasting en de hoogbouwdraagconstructie", Ivar Woudenberg, maart 2002
- [3.2] "Eindrapport- VandenEnde Musicaltheater", Simon Kieffe, oktober 2005
- [3.3] "De Rotonde- Ontwerp voor een ondergrondse uitbreiding van het stadhuis in Gouda", J.M. Brouns, oktober 2005
- [3.4] "De Naald", E.M. Mauritz, 2003

Internet

- [4.1] <http://www.skyscrapercity.info/>