

ONGERUBRICEERD

Earth, Life & Social SciencesKampweg 5
3769 DE Soesterberg
Postbus 23
3769 ZG Soesterbergwww.tno.nl

T +31 88 866 15 00

F +31 34 635 39 77

TNO-rapport**TNO 2014 R11427****Evidence based healthcare design**

Datum	oktober 2014
Auteur(s)	drs. L. Lebesque drs. E.J.A. Schreuder drs. S. de Hoogh prof.dr. J.M.C. Schraagen

Aantal pagina's	21 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2014 TNO

ONGERUBRICEERD

Inhoudsopgave

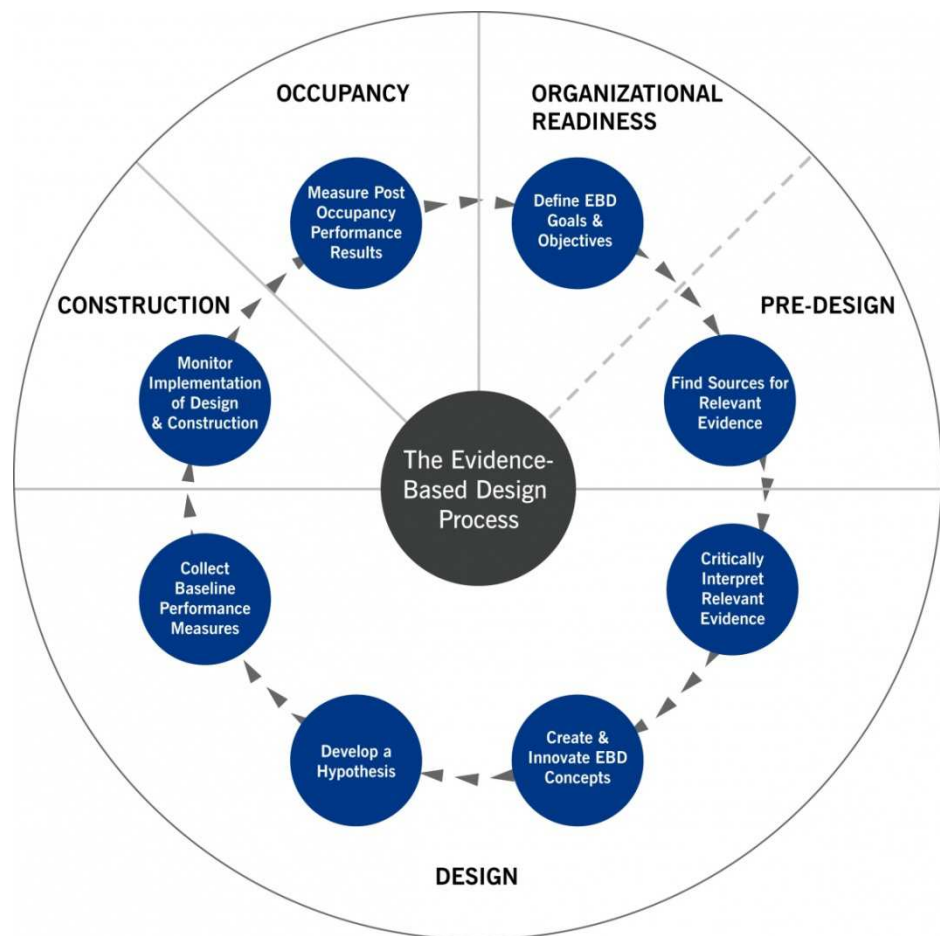
1	Introductie	3
2	Doelstelling onderzoek	4
2.1	Opzet van het onderzoek	6
3	Resultaten	8
3.1	Kritische prestatie indicatoren (KPI's).....	8
3.2	Relatieschema's (boomstructuren).....	8
3.3	Voorspellen.....	10
4	Discussie	14
5	Vervolg.....	15
6	Bronnen	16
	Bijlage(n)	
	A Boomstructuren	
	B Colofon	

1 Introductie

Ontwerpers van ziekenhuizen worden op dit moment nauwelijks ondersteund bij het bepalen van de effecten van bouwkundige keuzes. Een ziekenhuis wordt ontwikkeld vanuit visie, expertise en originaliteit maar er ontbreekt vaak een op feiten gestoelde basis. Vanuit de ziekenhuizen is er steeds meer vraag naar een ontwerp dat bijdraagt aan de te leveren prestaties, zoals de kwaliteit van de zorgverlening en het herstel van de patiënten, waarbij tegelijkertijd rekening gehouden wordt met exploitatiekosten en energieverbruik. Het onderbouwen van keuzes die hierop invloed hebben is complex doordat een ontwerpkeuze gunstig kan zijn voor de ene prestatie en ongunstig voor een andere. Daarnaast spitst het huidige wetenschappelijk onderzoek zich voornamelijk toe op het niveau van specifieke ruimtes en afdelingen en dan nog veelal op het interieur (Quan et al, 2011; Ulrich et al., 2008; College bouw zorginstellingen, 2008; Tanja-Dijkstra, 2011). Over de effecten van keuzes op het niveau van het structuurplan, zoals stedenbouwkundige opzet, functionele indeling en gebouwstructuur, is weinig bekend. BNA Onderzoek en TNO zijn samen aan de slag gegaan om deze lacune te vullen.

2 Doelstelling onderzoek

De Nederlandse architecten willen aan de opdrachtgever laten zien dat ze een toegevoegde waarde leveren. In de onderlinge dialoog tussen architect en opdrachtgever is overtuigingskracht alleen niet voldoende om aan te tonen dat het gebouw er toe doet. Met name in de ziekenhuisbouw staat te veel op het spel om zomaar aan te nemen dat na ingebruikname volledig aan de doelstellingen van de opdrachtgever wordt voldaan. De investeringen voor een nieuw te bouwen of te renoveren ziekenhuis zijn omvangrijk en patiënten vormen een kwetsbare gebruikersgroep. Daarnaast heeft het personeel baat bij een prettige en efficiënte werkomgeving en streeft de eigenaar van het gebouw ook naar een flexibel gebouw. Tijdens het ontwerpproces komen vele belangen aan bod en door de verschillende stakeholders kunnen deze belangen ook tegengesteld zijn. Om een onderbouwde beslissing te nemen in het ontwerpproces is 'evidence' nodig om te weten wat de effecten zijn van ontwerpkeuzes voor al deze stakeholders. In de medische wereld is in de jaren negentig de term Evidence-based medicine ontstaan waarbij bij het maken van een keuze voor de behandeling van een patiënt expliciet, oordeelkundig en consciëntieus gebruik wordt gemaakt van het best beschikbare bewijs, gegeven de stand van de (medische) wetenschap van dat moment (Rosner, 2012). Analooq aan deze werkwijze bestaat internationaal de werkwijze van Evidence-based design die toegepast wordt bij het nemen van beslissingen voor een ontwerp. Deze methode kan worden toegepast in de gezondheidszorg met als doel prestaties te realiseren die vooraf met het ontwerp beoogd zijn zoals het verbeteren van welzijn, veiligheid en beleving van patiënt en personeel (Figuur 1).



Figuur 1 EBD-cirkel (Bron: www.healthdesign.org, The Center for Health Design).

Zoals figuur 1 laat zien wordt gebruik gemaakt van zogenaamde 'post-occupancy evaluations' om achteraf de prestaties van het ontwerp te evalueren en dus eventueel bij te sturen. Nadeel van deze methode is dat pas laat in het proces (namelijk na oplevering) de prestaties van het ontwerp zichtbaar worden. Veel gebouwaspecten kunnen in deze fase niet meer worden aangepast zonder grootschalige renovatie.

Doelstelling van dit onderzoek is daarom een Evidence-based healthcare design (EBHD) methodiek te ontwikkelen die het mogelijk maakt om niet alleen achteraf prestaties van een gebouw te kunnen meten, maar ook om vooraf tijdens de ontwerpfase prestaties te kunnen voorspellen. Op deze manier kunnen in een vroegtijdig stadium aanpassingen in het ontwerp worden gedaan. Uitgangspunt hierbij is dat belangrijke keuzes worden gemaakt in het structuurplan en dat het heroverwegen van deze keuzes later in het proces veel impact heeft.

In dit onderzoek is in samenwerking met de branchevereniging BNA onderzocht hoe zo'n voorspellend model kan worden opgezet en hoe het model architecten kan ondersteunen bij het nemen van ontwerpbeslissingen.

2.1 Opzet van het onderzoek

Om aan te sluiten bij de ontwerppraktijk is ervoor gekozen om de EBHD-methodiek in samenwerking met verschillende architectenbureaus met ziekenhuisprojecten te ontwikkelen. In twee workshops met een wisselende samenstelling van architectenbureaus is afgestemd op welk niveau architecten behoefte hebben aan beslisondersteuning, wat de waarde van een voorspellend model is en hoe het model in het ontwerpproces toegepast kan worden. Daarnaast zijn verschillende processtappen doorlopen om tot een voorspellend model te komen, om de praktische toepassing ervan te evalueren. Deze processtappen worden hieronder beschreven.

2.1.1 *Vaststellen prestatie-indicatoren*

Omdat wij de effecten van ontwerpbeslissingen op prestaties van ziekenhuizen willen kunnen voorspellen, is het nodig om te weten welke prestaties een ziekenhuis van belang acht. We praten in dit verband over kritische prestatie-indicatoren (KPI's) om aan te geven wat de belangrijkste indicatoren zijn waarop ziekenhuizen kunnen sturen om prestaties te verbeteren. Door middel van een literatuurstudie is gezocht naar prestatie-indicatoren die een belangrijke rol spelen bij een ziekenhuisgebouw. Het overzicht met prestaties is gedeeld met vier ziekenhuizen met de vraag of zowel facilitaire medewerkers als zorgpersoneel zich konden vinden in de KPI's en of zij een prioritering konden geven aan de gevonden KPI's. Het resultaat van deze ordening is in een workshop met de architectenbureaus afgestemd en er is een selectie gemaakt van de KPI's waarop het onderzoek zich verder toespitste.

2.1.2 *Relatieschema's (boomstructuren)*

Om prestaties te kunnen voorspellen aan de hand van het ontwerp, moeten de relaties tussen gebouwaspecten en prestatie-indicatoren in kaart worden gebracht. Het systematisch weergeven van gebouwbeslissingen per prestatie-indicator bleek niet werkbaar gezien de vele ontwerpbeslissingen die tijdens het proces gemaakt worden. Er is daarom gekozen om interviews te houden met zes afzonderlijke architectenbureaus met als doel om de belangrijke keuzes die gemaakt worden tijdens het ontwerp van een ziekenhuis te achterhalen en deze te koppelen aan prestatie-indicatoren. De bureau's die hieraan hebben meegewerkt zijn: De Jong Gortemaker Algra, IAA, EGM, Mecanoo, SEED en Atelier PRO. Het architectenbureau Prent-Landman heeft wel geparticipeerd in de focusgroepen maar is niet geïnterviewd gezien de portefeuille van gerealiseerde projecten. De architecten werd gevraagd om de visie van het ontwerp en de keuzes die ze hadden gemaakt, waarvan ze veronderstelden dat die bijdroegen aan een KPI, toe te lichten. Daarnaast werd gevraagd naar mogelijke conflicterende effecten van keuzes op andere KPI's. De focus lag op ontwerpkeuzes op het structuurplanniveau. Op dit niveau gaat het om het vertalen van het programma van eisen van de opdrachtgever naar het concept voor de functionele ordening, gebouwstructuur en de stedenbouwkundige inpassing. Op basis van deze interviews zijn relatieschema's tussen gebouwaspecten en KPI's gemaakt, die worden aangeduid in dit onderzoek als 'boomstructuren' (zie figuur 3 resultaten sectie).

2.1.3 Voorspellen

Om vervolgens op basis van boomstructuren naar een voorspellend model te gaan, is het nodig om de relaties tussen gebouwaspecten en prestatie-indicatoren te vertalen in een numerieke waardering. Deze waardering geeft aan wat de effecten van gebouwaspecten zijn op prestatie-indicatoren (zie figuur 4 resultaten sectie). Voor één prestatie-indicator, namelijk patiënttevredenheid en -welzijn, is onderzocht of deze vertaling gemaakt kon worden aan de hand van bestaande data van het Rijnstate Ziekenhuis. De data bestond uit gegevens over de gebouwaspecten in het ziekenhuis (twee verpleegafdelingen, 139 kenmerken per afdeling) en resultaten van een enquête onder patiënten (n= 365) waarin zij hun mening gaven over het gebouw waarin zij verbleven. De techniek om deze vertaling te maken heet backward propagation. Dit algoritme is in staat zelf te leren wat een goede oplossing is voor het voorspelmodel. Onder resultaten wordt dit algoritme in meer detail beschreven.

3 Resultaten

3.1 Kritische prestatie indicatoren (KPI's)

De prestaties waarop ziekenhuizen sturen, en die in de invloedssfeer van architecten liggen om te beïnvloeden, zijn in twee gebieden te verdelen, namelijk gebruikersprestaties en gebouwprestaties. Voor de gebruikersprestaties zijn in dit onderzoek de volgende KPI's geselecteerd:

- Patiënttevredenheid en –welzijn.
- Patiëntveiligheid.
- Personeeltevredenheid.
- Personeelsefficiency.
- Bezoekerstevredenheid.

Voor de gebouwprestaties zijn de volgende KPI's geselecteerd:

- Flexibiliteit.
- Exploitatiekosten.
- Duurzaamheid.

Quotes

'Er bestaat een zekere tegenstrijdigheid tussen een patiënt centraal en een personeel centraal ontwerp'

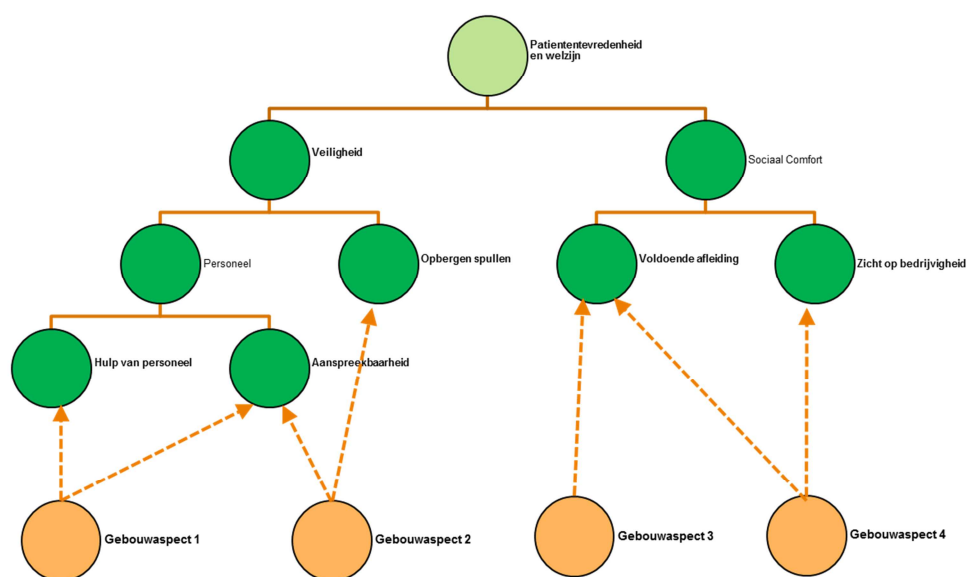
'De enige zekerheid in de toekomst is de onzekerheid. Er is gekozen voor flexibiliteit om deze onzekerheid op te vangen'

'Een conflict bestaat tussen aan de ene kant een functionele inrichting en vermeende efficiency van het personeel en aan de andere kant de ambiance waarin huiselijkheid voor patiënten en bezoek wordt nagestreefd'

'Duurzame oplossingen zijn vaak letterlijk DUURzaam en worden veelal wegbezuinigd.'

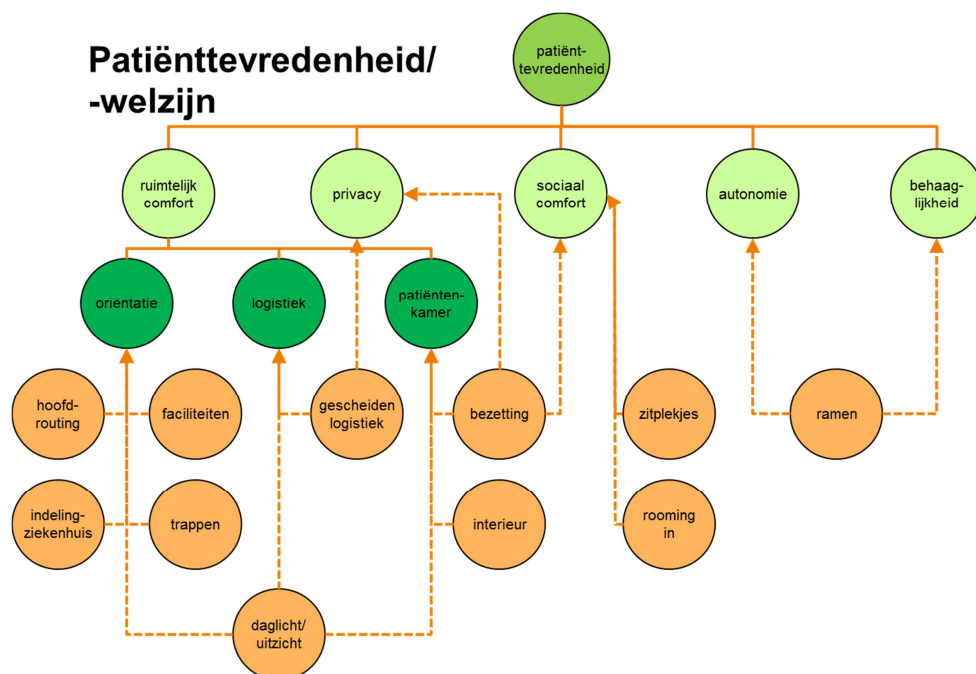
3.2 Relatieschema's (boomstructuren)

Bij het maken van een boomstructuur, is de top van de boom de kritische prestatie-indicator. De KPI vertakt naar sub-indicatoren die samen een beeld geven van de KPI. Figuur 3 geeft een voorbeeld van een deel van de patiënttevredenheid en -welzijn boom (gemaakt op basis van de bestaande ziekenhuisdata). De top KPI patiënttevredenheid en -welzijn vertakt naar 'Veiligheid' en 'Sociaal Comfort', beide aspecten die de patiënttevredenheid en -welzijn beïnvloeden. Zo vertakt de boom naar belevingsaspecten (bollen) die tezamen de tevredenheid en welzijn van patiënten bepalen. Vervolgens worden aan deze 'prestatie-indicatorbollen' (groen), gebouwaspecten (oranje) gekoppeld, die deze belevingsaspecten beïnvloeden. Er kunnen meerdere gebouwaspecten aan een prestatiebol hangen en een gebouwaspect kan ook meerdere keren terugkomen. Zo kan een éénpersoonskamer invloed hebben op de veiligheidsbeleving, maar ook op sociaal comfort.



Figuur 4 Een vereenvoudigde weergave van de boomstructuur voor een kritische prestatie-indicator.

Op basis van de interviews met architecten zijn voor alle KPI's deze boomstructuren gemaakt. Figuur 5 geeft een overzicht van de patiënttevredenheid en -welzijn boom. Alleen de gebouwaspecten die door meer dan drie architectenbureaus werden genoemd, worden getoond. Het groene deel toont prestatie-indicatoren, het oranje deel toont gebouwaspecten. De boomstructuren van de overige KPI's zijn te vinden in de bijlage.



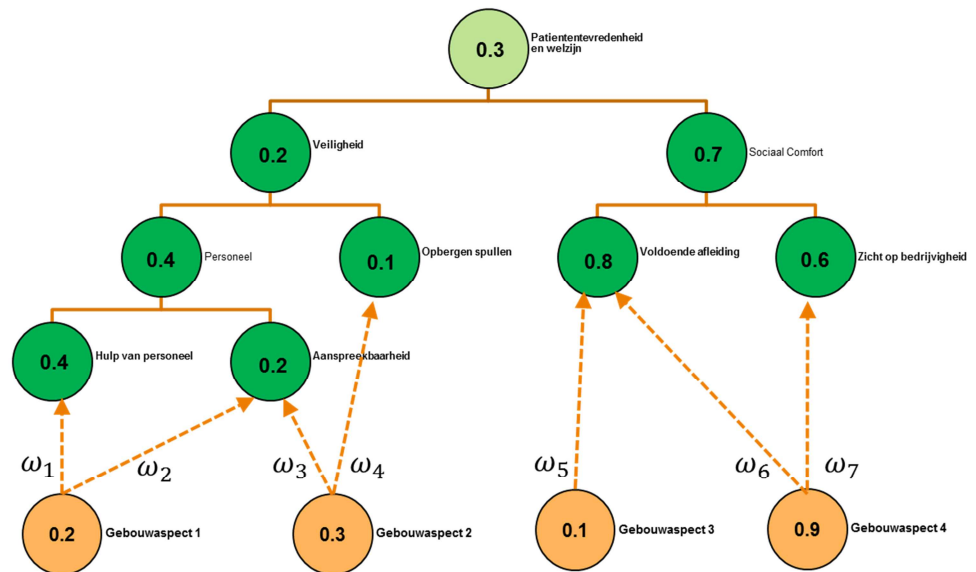
Figuur 6 Hoofdtakken boomstructuur patiënttevredenheid en welzijn.

3.3 Voorspellen

Eén prestatie-indicator is nader onderzocht tot op detailniveau om te laten zien dat het mogelijk is om een voorspelling te kunnen doen van de tevredenheid van de patiënt over de aspecten van een patiëntkamer. Hiervoor is de boomstructuur gebruikt die gemaakt was aan de hand van de bestaande ziekenhuisgegevens. In het voorspelmodel worden de effecten in deze boomstructuur weergegeven door middel van gewichten op de 'takken' tussen de bollen. Deze gewichten geven aan hoe groot het effect is van een bol op de bol erboven. Vervolgens kunnen de waarden voor de sub-indicatoren en voor patiënttevredenheid in een ziekenhuis berekend worden door de waarden van de gebouwenkenmerken te vermenigvuldigen met de gewichten. Zo kan in het voorbeeld van figuur 4 de waardering van aanspreekbaarheid van personeel berekend worden door

$$\omega_2 * \text{gebouwaspect 1} + \omega_3 * \text{gebouwaspect 2}$$

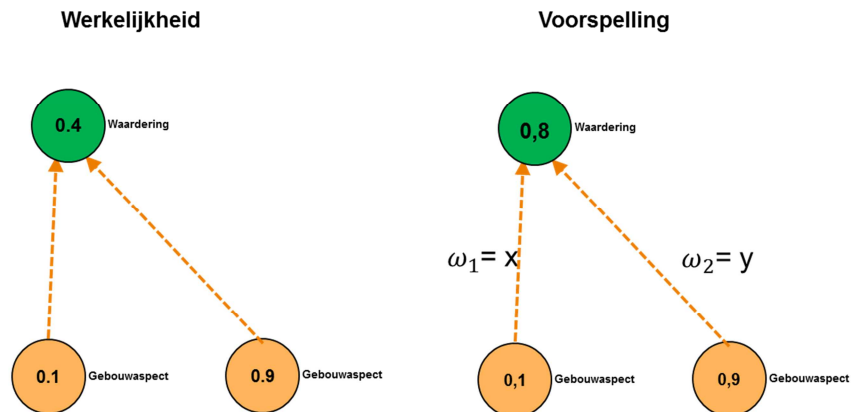
Met de waardering van aanspreekbaarheid van personeel en hulp van personeel en de gewichten die daarbij horen, kan vervolgens de waardering van personeel op het gebied van veiligheid berekend worden en dat geldt ook voor de andere groene bollen in de boom.



Figuur 7 Vereenvoudigde weergave van de boomstructuur voor patiënttevredenheid.

Om deze berekening te kunnen maken, zal het voorspelmodel eerst gevuld moeten worden met gewichten. Hiervoor is het zelf lerend algoritme back propagation gebruikt dat in staat is om zelf te leren wat de goede oplossing is. Een oplossing is een goede oplossing wanneer de waarden van gewichten zo gekozen zijn dat patiënttevredenheid (en de sub-indicatoren) goed voorspeld kan worden met behulp van de gebouwaspecten. Je kunt het zelf-lerend algoritme vergelijken met een hond die een beloning krijgt voor goed gedrag en die gestraft wordt bij slecht gedrag. In het geval van dit algoritme is goed gedrag het kiezen van gewichten waarmee de KPI goed voorspeld kan worden.

Het algoritme weet in eerste instantie niet wat goede en slechte waarden voor de gewichten zijn, maar door lang genoeg te proberen, zal het uiteindelijk een patroon vinden in de beloningen en zo een goed model op kunnen bouwen. De onderstaande figuur geeft een voorbeeld weer van hoe dit mechanisme werkt.



Figuur 8 Voorbeeld van de werking van het zelflerend algoritme.

De werkelijke waardering door patiënten afkomstig uit de data wordt vergeleken met de voorspelling die het algoritme doet aan de hand van de gekozen gewichten x en y . In dit voorbeeld is te zien dat de voorspelling te hoog is. Dit betekent dat de gewichten ook te hoog zijn en verkleind zullen moeten worden, het tegenovergestelde geldt als de voorspelling te laag is. Het algoritme doorloopt ditzelfde proces telkens weer voor verschillende patiënten en verschillende delen in de boomstructuur en brengt de gewichten zo steeds dichterbij een goede oplossing. Met behulp van alle data uit het ziekenhuis heeft het algoritme zo een voorspelmodel kunnen opbouwen, waarbij de resultaten de gewichten zijn die de effecten weergeven.

Algoritme

1. Selecteer een patient
2. Zoek de bijbehorende kamergegevens op
3. Vul de gegevens in, en bepaal de voorspelling
4. Zoek in de enquête de waardering op
5. Is de voorspelling > waardering, verlaag dan de ω 's
6. Is de voorspelling < waardering, verhoog dan de ω 's
7. Ga terug naar 1

Figuur 9 Overzicht stappen voor het aanpassen van gewichten in het algoritme.

Om een beeld te geven van hoe het voorspelmodel eruitziet en wat we er mee kunnen, volgt hier een aantal resultaten. Hierbij is het belangrijk om te benoemen dat dit voorspelmodel nu 'getraind' is voor het Rijnstate Ziekenhuis en dat deze effecten dus eventueel toe te schrijven zijn aan specifieke kenmerken van dit ziekenhuis.

Patiënttevredenheid en -welzijn is, zoals eerder beschreven, onderverdeeld in sub-indicatoren. In onderstaande tabel is weergegeven wat de gewichten zijn van deze sub-indicatoren.

Patiënttevredenheid en -welzijn					
Behaaglijkheid	Autonomie	Comfort	Veiligheid	Sociaal Comfort	Privacy
0,330	0,304	0,348	0,326	0,285	0,318

Hieruit blijkt dat voor het desbetreffende ziekenhuis alle zes de sub-indicatoren een aanzienlijk effect hebben op patiënttevredenheid en welzijn. Sociaal comfort speelt daarbij de kleinste rol en comfort en behaaglijkheid de grootste.

Met deze informatie kan in het ontwerpproces rekening worden gehouden door te focussen op die indicatoren die het meest van belang zijn voor KPIs, in dit geval patiënttevredenheid en -welzijn. Hiervoor is het essentieel om te weten hoe deze sub-indicatoren beïnvloed worden. Dat kan worden bepaald aan de hand van de gebouwaspecten die onder deze sub-indicator hangen in het voorspelmodel. Daarbij zijn, net als bij indicatoren, de gebouwaspecten met het grootste gewicht het meest van belang. Uit het opgebouwde voorspelmodel is een aantal voorbeelden van gebouwaspecten te geven die een sterk effect hebben op een sub-indicator. Zo wordt de sub-indicator behaaglijkheid voornamelijk bepaald door luchtkwaliteit en licht in een ziekenhuis en in mindere mate door hygiëne, temperatuur, geur en geluid. Als we verder inzoomen op de licht, kunnen we zien dat deze sub-indicator vervolgens wordt weer bepaald door daglicht, verblinding, mogelijkheid tot afstemming, kunstlicht overdag en kunstlicht 's nachts. Uit het voorspelmodel blijkt dat mogelijkheid tot afstemming en kunstlicht overdag het sterkste effect hebben op licht. In de tabellen hieronder zijn de gewichten te zien voor beide indicatoren.

Mogelijkheid tot afstemming					
Zelf instellen	Centrale verlichting afzonderlijk in te stellen	Lokale verlichting afzonderlijk in te stellen	Bed verlichting afzonderlijk in te stellen	Nacht verlichting afzonderlijk in te stellen	Lichtniveau traploos in te stellen
0,181	0	0	0,181	0,181	0

Kunstlicht overdag								
Aantal centraal	Sterkte centraal	Aantal lokaal	Sterkte lokaal	Aantal bed	Sterkte bed	Aantal nacht	Sterkte nacht	Zelf instellen
0,096	0,085	0,125	0,125	0,095	0,060	0,071	0,065	0,125

Bij mogelijkheid tot afstemming valt op dat de patiënttevredenheid en -welzijn volledig afhangen van de mogelijkheid tot zelf instellen van verlichting en specifiek voor het afzonderlijk instellen van bed verlichting en nachtverlichting. De sterkste effecten bij de waardering van kunstlicht overdag komen van de lokale verlichting en de mogelijkheid tot zelf instellen.

Om te kunnen zien hoe goed deze twee indicatoren voorspeld kunnen worden met deze gewichten, kijken we naar de foutmarge, namelijk de gemiddelde afwijking van een voorspelling van het model met de daadwerkelijke waardering.

Voor mogelijkheid tot afstemming en kunstlicht overdag is de gemiddelde foutmarge respectievelijk 0,45 en 0,02. De patiënten konden in de enquête een waardering invullen van 1 tot 5. Een foutmarge van 0,45 houdt dus in dat de voorspelling gemiddeld een half punt af zit van de daadwerkelijke waardering van de patiënt, uitgedrukt in ☐ in de enquête. Voor kunstlicht overdag is 0,02 een haast te verwaarlozen foutmarge. De foutmarge geeft dus weer hoe goed een bepaalde indicator te voorspellen is aan de hand van onderliggende indicatoren en gebouwaspecten. Hoe lager de foutmarge, hoe beter de daadwerkelijke waardering van de indicator te voorspellen is.

Een ander voorbeeld is de indicator inkijk vanaf de gang, die hangt onder de indicator privacy. Deze indicator heeft een foutmarge van 0,632 en wordt voorspeld door de volgende gebouwaspecten en bijbehorende gewichten.

Inkijk gang						
Deur kan open	Deur kan deels open	Contact gang met gesloten deur mogelijk	Inkijk vanuit openbare ruimtes	Inkijk is te voorkomen	Inkijk is zelf te regelen	Inkijk vanaf de gang
0,162	0,162	0	0,162	0,162	0	0,073

De gewichten, zoals uitgedrukt in de voorgaande voorbeelden, zijn voor alle onderdelen van de boomstructuur weer te geven door middel van het voorspelmodel met een bijbehorende foutmarge voor de indicator. Voor een aantal andere indicatoren in het model zijn de foutmarges groter of de gewichten minder groot, dan in de genoemde voorbeelden. Dit heeft te maken met het feit dat dit model is ontwikkeld met gegevens uit één ziekenhuis of het kan betekenen dat deze indicatoren een klein effect hebben op de KPI.

Met het ontwikkelen van dit voorspelmodel is een eerste stap gezet naar een generiek voorspelmodel voor patiëntwelzijn. Verdere dataverzameling en modelontwikkeling zal voor een verbetering van het voorspelmodel zorgen. Vanwege het feit dat nu gebruik is gemaakt van één specifiek ziekenhuis kan het zo zijn dat het algoritme de gewichten zo invult dat het precies bij dat ziekenhuis past. Uiteindelijk is het doel het ontwikkelen van een voorspelmodel dat is opgebouwd op basis van meerdere ziekenhuizen met verschillende ontwerpkeuzes en -beoordelingen, zodat het zelf lerend algoritme deze verschillen kan meenemen. Hoe meer data over verschillende ziekenhuizen er is om het voorspelmodel mee te maken, hoe beter het model generiek kan voorspellen. Belangrijk om hierbij te noemen is dat de relatieschema's nog niet volledig uitgewerkt hoeven te zijn om het voorspelmodel in te zetten. Het algoritme 'traint' het model met de beschikbare data op de best mogelijke manier. Zodra er weer nieuwe data is of relaties bij komen, kunnen die worden toegevoegd en door het algoritme worden meegenomen in de analyse.

4 Discussie

Voor de vraag welke gebouwaspecten een effect hebben op de kritische prestatie-indicatoren van een ziekenhuis zijn op basis van de interviews met de architecten relatieschema's gemaakt in de vorm van een boomstructuur. Uit de interviews is gebleken dat de architecten impliciet veel beslissingen nemen met het oog op de prestaties. Echter, om expliciet te benoemen welke gebouwaspecten voor een KPI relevant zijn en wat dan het effect is dat ze verwachten, is voor de architecten een nieuwe manier van werken gebleken. In interactie met de architecten is een aansluiting tot stand gekomen met de ontwerppraktijk, met als resultaat inzicht in de aspecten van het structuurplan die verondersteld worden bij te dragen aan de prestaties van het ziekenhuis.

Met het ontwikkelen van een voorspellend model voor patiënttevredenheid en -welzijn op basis van een real-life case is gebleken dat het mogelijk is om de prestaties van KPI's voor een ziekenhuis te voorspellen op basis van de gebouwaspecten uit het ontwerp (of het daadwerkelijke gebouw). Bovendien geeft het model een hiërarchie aan van gebouwaspecten die prestatie-indicatoren beïnvloeden. Deze kennis biedt architecten de mogelijkheid om ontwerpbeslissingen te ondersteunen en te onderbouwen door juist in die aspecten van het ontwerp te investeren die het meeste effect sorteren. Bovendien kan snel duidelijk worden wat het effect is van aanpassingen in het ontwerp op verschillende KPI's en kan daarmee een afweging worden gemaakt tussen verschillende opties in de ontwerpfase. Het moet benadrukt worden dat het voorspellend model geen ontwerpen genereert, maar ontwerpen toetst. Het helpt de architect bij het optimaliseren van het ontwerp. Ook kan het model helpen bij het afwegen van consequenties van ontwerpbeslissingen die mogelijk met elkaar in strijd zijn. Op basis van het onderzoek kan geconcludeerd worden dat het mogelijk is om een voorspellend model te genereren op kamerniveau, als voldoende data beschikbaar is. Er is meer onderzoek nodig om te testen of de boomstructuren die in dit onderzoek op structuurplanniveau gemaakt zijn, ook kunnen worden vertaald in een voorspellend model.

5 Vervolg

Het onderzoek zal worden vervolgd om te komen tot een goede onderbouwing van de veronderstelde effecten en om de relatieschema's verder te exploreren. Het uiteindelijke doel is om te faciliteren dat beslissingen in het ontwerpproces beter onderbouwd kunnen worden. Hiervoor is meer informatie nodig over de ervaren prestaties van gebruikers van de gebouwen en meetbare gegevens van de gebouwen zelf. Het streven is om de komende jaren meer kennis te ontwikkelen aan de hand van de gemaakte boomstructuren, door na ingebruikname van een gebouw, evaluaties uit te voeren waarmee gemeten kan worden of aan de verwachtingen is voldaan. Deze evaluaties zullen voor de verschillende KPI's plaatsvinden. Hiermee kunnen de boomstructuren voor alle KPI's uiteindelijk uitgebouwd worden tot gevalideerde voorspellende modellen. Het is de ambitie om alle informatie te koppelen zodat zo vroeg mogelijk in het ontwerpproces de juiste inzichten ontstaan over de prestaties. Daarbij is het waardevol om de informatie in de toekomst te gaan koppelen aan de data van het ontwerp in een bouwinformatiemodel (BIM). Daarmee kan in het ontwerpproces vroegtijdig gesignaleerd worden of aan de veronderstelde prestaties kan worden voldaan.

6 Bronnen

College Bouw Zorginstellingen. (2008). Kwaliteit van de fysieke zorgomgeving. (No. 617). College Bouw Zorginstellingen.

Ulrich, R., Zimring, C., Zhu, X., DuBose, J., Seo, H., Choi, Y., Joseph, A. (2008). A review of the research literature on evidence-based healthcare design. *Health Environments Research & Design Journal*, 1(3), 61-125.

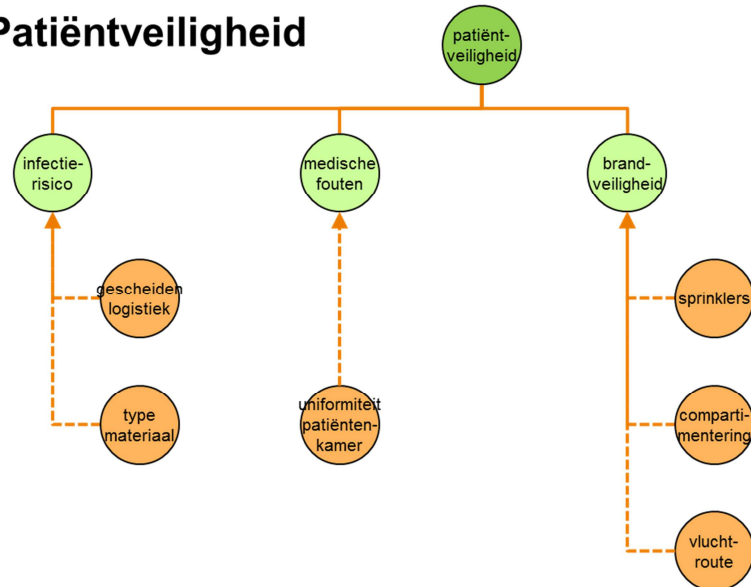
Quan, X., Joseph, A., Malone, E., Pati, D., (2011) Healthcare Environmental Terms and Outcome Measures: An Evidence-based Design Glossary, The Center for Health Design Concord, CA, USA.

Rosner, A.L. (2012) Evidence-based medicine: Revisiting the pyramid of priorities, *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Volume 16, Issue 1, January 2012, 42–49.

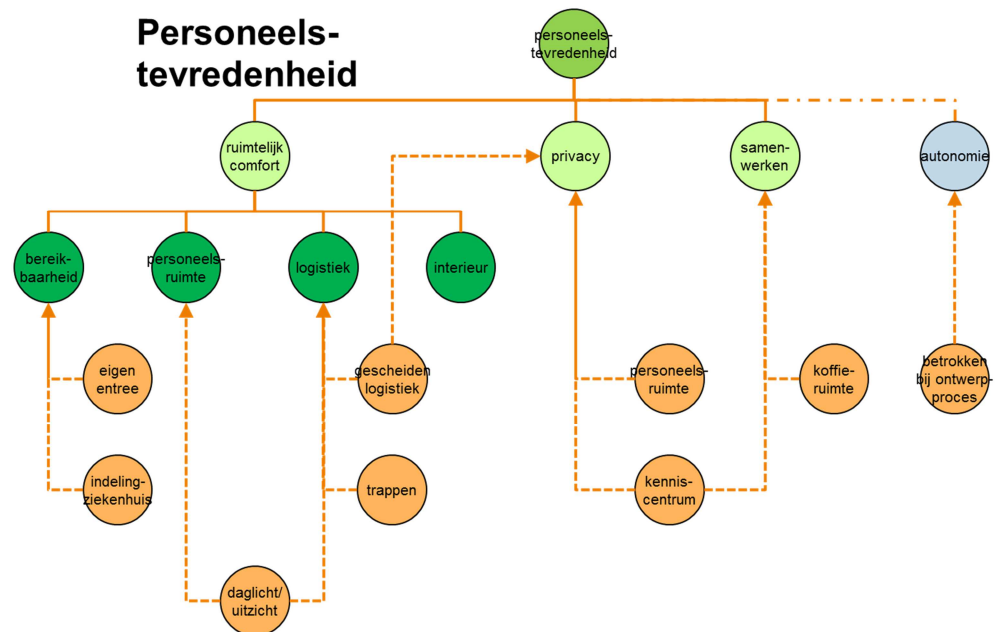
Tanja-Dijkstra, K., Pieterse, M.E. (2011). The psychological effects of the physical healthcare environment on healthcare personnel. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2011, Issue 1. Art.No.:CD006210.

A Boomstructuren

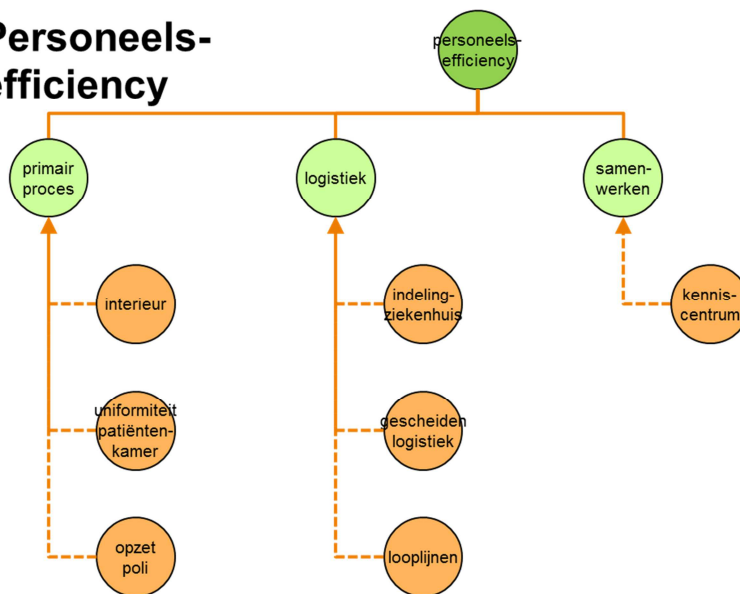
Patiëntveiligheid



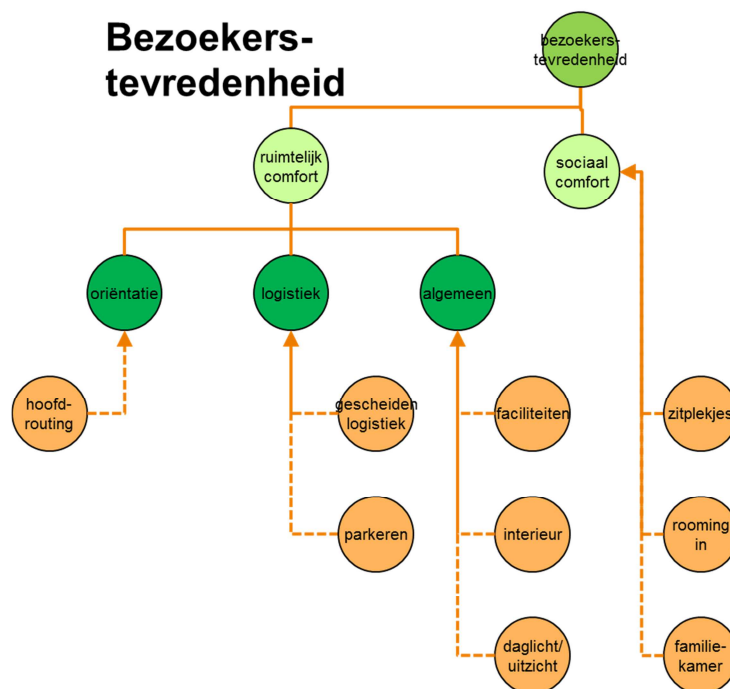
Personeels-tevredenheid



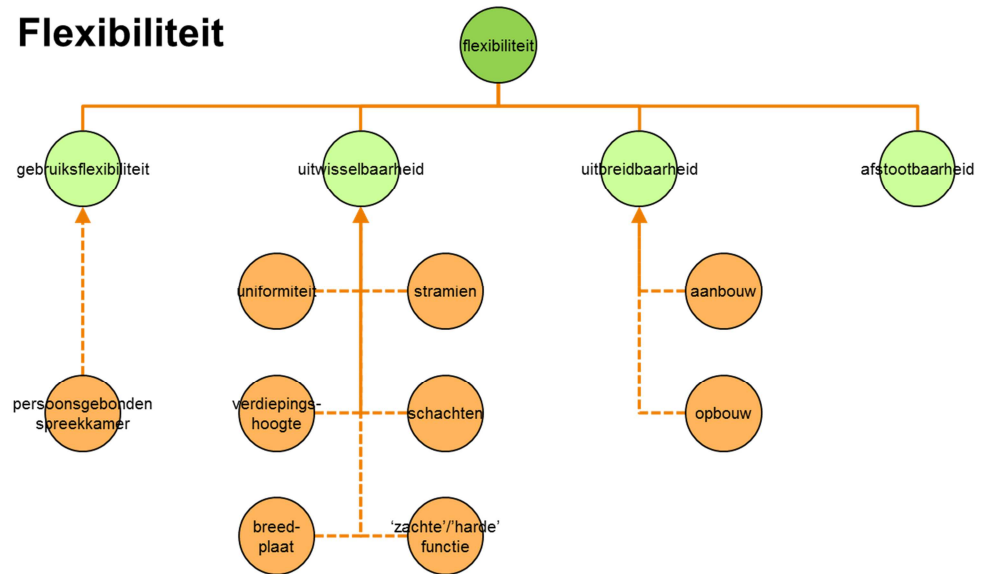
Personeels- efficiency



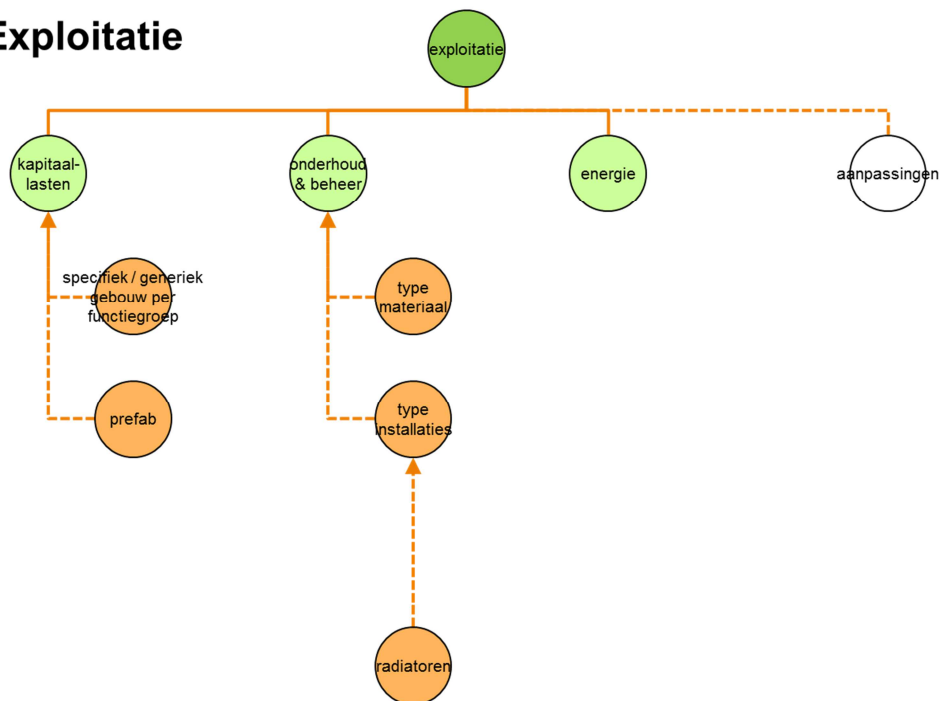
Bezoekers- tevredenheid

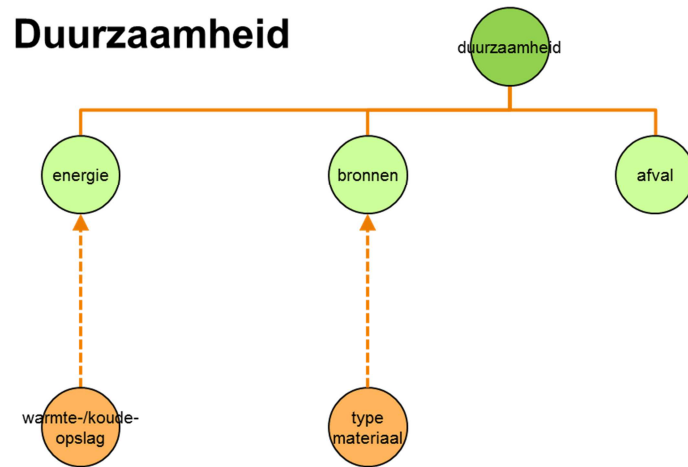


Flexibiliteit



Exploitatie





B Colofon

Deelnemende architectenbureaus:

- Atelier PRO
- EGM Architecten
- de Jong Gortemaker Algra
- IAA Architecten
- Mecanoo
- Prent-Landman Architecten
- SEED Architects

Data:

Rijnstate Ziekenhuis
Wagnerlaan 55
6815 AD Arnhem