

Verdrinkingsdetectie-algoritme en interface voor het BlueWatch antiverdrinkingssysteem

Een gebruikersonderzoek, ontwerp en implementatie

J.H.C. van der Knaap
M.J.F. van Veen
E. van Solingen



TU Delft
Wireless and Mobile
Communications
Delft, 2008

Verdrinkingsdetectie-algoritme en interface voor het BlueWatch antiverdrinkingssysteem

Een gebruikersonderzoek, ontwerp en implementatie

J.H.C. van der Knaap, 1272608
M.J.F. van Veen, 1269038
E. van Solingen, 1279947

Begeleider:
G.J.M. Janssen



TU Delft
Wireless and Mobile
Communications
Delft, 2008

Voorwoord

Dit ontwerprapport is geschreven in het kader van het Bachelor Afstudeer Project. In dit rapport worden een verdrinkingsdetectie-algoritme en een interface voor het BlueWatch antiverdrinkingssysteem gepresenteerd. BlueWatch is een recent opgestart hightechbedrijf dat zich specialiseert in antiverdrinkingssystemen.

Lezers die vooral geïnteresseerd zijn in verdrinkingskenmerken worden verwezen naar hoofdstuk 3 en bijlage 1. Het mogelijk concentratieverlies dat kan ontstaan door de aanwezigheid van het systeem wordt beschreven in hoofdstuk 4 en de paragrafen 7.3 en 8.3. Lezers die interesse hebben voor de verschillende concepten en het eindconcept worden verwezen naar hoofdstuk 7 en 8. De implementatie kan in hoofdstuk 9 en bijlage 4 worden gevonden.

BlueWatch is veel dank verschuldigd aan de volgende personen:

- Gerard Janssen (TU Delft), voor de begeleiding en adviezen;
- Josje Kuenen (TU Delft), voor de tips en het verbeteren van dit rapport;
- Eric Zool (Zwembad De Papegaai), voor de informatie over het antiverdrinkingssysteem Poseidon;
- Alle zwembaden en in het bijzonder de toezichthouders die aan de enquêtes hebben meegewerkt en inzicht hebben willen geven in het vakgebied.

- i. Voorwoord
- ii. Inhoudsopgave
- iii. Samenvatting

1. Inleiding.....	8
--------------------------	----------

Deel 1: Achtergrondstudies

2. BlueWatch, de gebruiker en de gebruikerswensen	12
2.1 Inleiding: BlueWatch, openbare zwembaden en de gebruiker.....	12
2.3.1 Gebruikersschets.....	13
2.3.2 Gebruikerswensen.....	13
3. Verdrinkingsprocessen en verdrinkingskenmerken	15
3.1 Verdrinkingsproces Jeff Ellis & Associates.....	15
3.2 Verdrinkingsproces Pia Enterprises.....	16
3.3 De belangrijkste verdrinkingskenmerken.....	17
3.4 Verdrinkingskenmerken en benodigde eisen.....	18
4. Concentratieproblemen toezichthouders	20
4.1 Zwembaden over concentratieverlies door komst antiverdrinkingssysteem.....	20
4.2 Concentratieproblemen volgens psychologen.....	22
4.3 Overige bronnen van concentratieverlies.....	22
4.4 Concentratieverlies tegengaan	23
5. Concurrerende antiverdrinkingsystemen	24
5.1 Poseidon.....	24
5.2 iMergo	26
5.3 Swimguard.....	28

Deel 2: Ontwerp

6. Programma van Eisen.....	33
6.1. Eisen vanuit het beoogde gebruik.....	33
6.2 Eisen vanuit de ecologische situering	34
6.3 Eisen met betrekking tot het te ontwerpen systeem	34
6.4 Eisen met betrekking tot te ontwikkelen productiesysteem	35
6.5 Eisen met betrekking tot het te ontwikkelen liquidatie systeem	35
6.6 Eisen vanuit bedrijfsstrategische, marketing- en verkooptechnische omstandigheden	35
7. Deelconcepten voor het algoritme en de interface	36
7.1 Alternatieven voor input van het algoritme.....	36
7.1.1 Videobeelden	36
7.1.2 Hartslagmeting	37
7.1.3 Waterdrukmeting.....	38
7.2 Alternatieven voor de gebruikersinterface	38
7.2.1 De surveillance-headset	39
7.2.2 De luidsprekers.....	39

7.2.3 De alarmbel	40
7.2.4 Het centrale LED-display	40
7.2.5 Het polshorloge	41
7.2.6 De buzzer	41
7.3 Alternatieven voor tegengaan concentratieprobleem	42
7.3.1 Competitie tussen toezichthouders	42
7.3.2 Toezichthouder of systeem sneller	42
7.3.3 Herinnering toezichthouder	43
8. Afweging deelconcepten voor het algoritme en de interface	44
8.1 Input van het algoritme: positiecoördinaten en hartslag	44
8.1.1 Beoordelingscriteria voor input	44
8.1.2 Beoordeling inputconcepten per criterium.....	45
8.1.3 Keuze van alternatief voor input: hartslagmeting.....	48
8.2 Gebruikersinterface: Horloge, alarmbel en LED-display	49
8.2.1 Beoordelingscriteria voor de interface hulpmiddelen	49
8.2.2 Beoordeling interfaceconcepten per criterium.....	50
8.2.3 Keuze alternatieven voor interface	55
8.3 Geen oplossing concentratieprobleem toezichthouder	55
 Deel 3: Implementatie	
9. Implementatie van het algoritme en de interface.....	60
9.1 Realisatie van het algoritme in Matlab	60
9.1.1 Modelzwembad, informatiedoorvoer en positiedatabase	60
9.1.2 Algoritme op basis van positiebepaling.....	63
9.1.3 Algoritme op basis van positiebepaling en hartslagmeting	64
9.2 Realisatie van de interface in Matlab.....	66
10. Evaluatie van de implementatie	68
10.1 Evaluatieronde 1: Deelevaluatie van het verdrinkings-detectie-algoritme	68
10.2 Evaluatieronde 2: Simuleren van zwembadsituaties	69
11. Conclusies en aanbevelingen.....	72
11.1 Conclusies.....	72
11.2 Aanbevelingen.....	74
 Literatuurlijst	75
Bijlage 1: Mediaberichten (bijna)verdrinking in zwembaden	78
Bijlage 2: Metingen voor verdrinkingsparameters	83
Bijlage 3: Nauwkeurigheid positiebepaling	84
Bijlage 4: MATLAB implementatiecode	86
Bijlage 5: Evaluatieronde 2, situatie 1	93
Bijlage 6: Evaluatieronde 2, situatie 2	96
Bijlage 7: Evaluatieronde 2, situatie 3	99

Samenvatting

De afdeling Telecommunicatie van de TU Delft heeft een systeem ontworpen waarbij de positie van voorwerpen of personen nauwkeurig kan worden bepaald met behulp van akoestische golven. Dit systeem maakt plaatsbepaling in gebouwen mogelijk. BlueWatch is een recent opgestart bedrijf dat deze techniek toepast in de vorm van een antiverdrinkingssysteem.

De noodzaak voor een dergelijk systeem ligt in het feit dat ondanks dat er toezichthouders rondom het zwembad aanwezig zijn, verdrinking nog voor komt in zwembaden. Toezichthouders kunnen niet alles in de gaten houden en daardoor kan een verdrinking plaatsvinden zonder dat dit wordt opgemerkt. Een antiverdrinkingssysteem is dus een goed extra hulpmiddel voor de toezichthouders om de veiligheid in een zwembad te verhogen.

Het doel van dit rapport is het presenteren van een verdrinkingsdetectie-algoritme en een interface voor het BlueWatch antiverdrinkingssysteem. Hierbij wordt vooral ingegaan op de genomen ontwerpstappen.

Om dit doel te bereiken zijn er literatuuronderzoeken gedaan en interviews gehouden om de verdrinkingskenmerken en gebruikerswensen vast te stellen. Gebaseerd op deze informatie zijn ontwerpen gemaakt. De verschillende ontwerpen worden met beoordelingscriteria afgewogen om tot een definitief ontwerp te komen. Als laatste zullen het verdrinkingsdetectie-algoritme en de interface geïmplementeerd, getest en geëvalueerd worden.

Om een zo betrouwbaar mogelijk antiverdrinkingssysteem te ontwerpen, zal eerst onderzocht moeten worden wat de gebruikers willen en wat de kenmerken van het verdrinkingsproces zijn. Telefonische enquêtes onder toezichthouders van zwembaden hebben een goed beeld geschetst van de gebruikerswensen. Door literatuuronderzoeken is veel kennis opgedaan met betrekking tot verdrinkingsprocessen en -kenmerken.

De telefonische enquête heeft uitgewezen dat de gebruikers van het antiverdrinkingssysteem willen dat er geen tot weinig valse alarmen worden afgegeven. Ook moet het systeem makkelijk in gebruik zijn en mag het niet hinderen tijdens dagelijkse werkzaamheden. Dit laatste gaf de volgende keuzemogelijkheden voor de gebruikersinterface van de toezichthouders: een headset, luidspreker, alarmbel, horloge, LED-display en een buzzer. De luidspreker, LED-display en de alarmbel scoren veel punten door de geringe belemmering van de toezichthouder. De buzzer en het horloge scoren veel punten door het gemakkelijk kunnen deactiveren van het alarm. Over de hele linie scoren het horloge en het LED-display het aantrekkelijkst.

Uit het literatuuronderzoek naar verdrinking is naar voren gekomen dat het heel belangrijk is om al in een vroeg stadium de verdrinking te detecteren. Met alleen de positie van de zwemmer kan de eerste fase van verdrinking niet goed worden gedetecteerd, daarom is gekeken naar aanvullingen op de positie. De mogelijkheden hiervan zijn: gebruikmaken van videobeelden, het meten van de hartslag en het meten van de waterdruk. De mogelijkheden verschillen vooral in het kunnen herkennen van verdrinkingskenmerken, de hoeveelheid dataverwerking en de gebruiksvriendelijkheid. Het gebruik maken van videobeelden is het gebruiksvriendelijkst, maar scoort op de andere factoren slecht. De hartslag scoort hoog bij het herkennen van verdrinkingskenmerken, maar minder op de gebruiksvriendelijkheid. De drukmeter scoort op alle punten goed, behalve op het herkennen van verdrinkingskenmerken.

De eerste conclusie is dat het horloge samen met het LED-display en de alarmbel de voorkeur verdient. Dit is vooral gebaseerd op de geringe belemmering bij een reddingsactie en het gemakkelijk kunnen deactiveren van het alarm.

De tweede conclusie is dat de positiebepaling zal worden aangevuld door de hartslag. Deze keuze is vooral tot stand gekomen door het goed kunnen herkennen van

verdrinkingskenmerken. Op het punt van gebruiksvriendelijkheid scoort de hartslag wat minder, maar dit weegt niet op tegen de positieve punten.

Aanbevolen wordt om in een vervolgstudie te onderzoeken hoe de gebruiksvriendelijkheid van de hartslagmeter zou kunnen worden verbeterd.

1. Inleiding

De afdeling Telecommunicatie van de TU Delft heeft een systeem ontworpen waarbij de positie van voorwerpen of personen nauwkeurig kan worden bepaald met behulp van akoestische golven. Dit systeem maakt plaatsbepaling in gebouwen mogelijk. BlueWatch is een recent opgestart bedrijf dat deze techniek toepast in de vorm van een antiverdrinkingssysteem.

De noodzaak voor een dergelijk systeem ligt in het feit dat ondanks dat er toezichthouders rondom het zwembad aanwezig zijn, verdrinking nog voorkomt in een zwembad. Toezichthouders kunnen niet alles in de gaten houden, waardoor een verdrinking kan plaatsvinden zonder dat dit wordt opgemerkt. Een antiverdrinkingssysteem is dus een goed extra hulpmiddel voor de toezichthouders om de veiligheid in een zwembad te verhogen.

Het antiverdrinkingssysteem kan opgesplitst worden in twee delen: positiebepaling en de verdrinkingsdetectie. De positiebepaling spitst zich toe op het bepalen van de positie van een zwemmer. De verdrinkingsdetectie spitst zich toe op het verdrinkingsdetectie-algoritme en de interface van het systeem.

Het doel van dit rapport is het presenteren van een verdrinkingsdetectie-algoritme en een interface voor het BlueWatch antiverdrinkingssysteem. Hierbij wordt vooral ingegaan op de genomen ontwerpstappen.

Om dit doel te bereiken zijn er literatuuronderzoeken gedaan en interviews gehouden om de verdrinkingskenmerken en gebruikerswensen vast te stellen. Aan de hand van deze informatie zijn er verschillende mogelijkheden voor het ontwerp gemaakt met betrekking tot de interface en het verdrinkingsdetectie-algoritme. De verschillende ontwerpen zijn met beoordelingscriteria afgewogen en is er tot een definitief ontwerp gekomen. Als laatste wordt dit ontwerp geïmplementeerd, getest en geëvalueerd.

Het systeem is een extra hulpmiddel voor toezichthouders om verdrinking tegen te gaan en is geen vervanging van de toezichthouder zelf. Het is dus van belang dat er een zo min mogelijk aantal valse alarmen afgegeven wordt om het vertrouwen in het systeem niet te verliezen. Daarnaast is het uitgangspunt dat alle verdrinkingen ook daadwerkelijk gedetecteerd worden, waarna op een gebruiksvriendelijke en eenduidige manier alarm wordt geslagen. Het laatste uitgangspunt is dat het systeem de zwemmers zo min mogelijk mag belemmeren.

Het rapport is in drie onderdelen opgebouwd. Elk van deze onderdelen is verder opgedeeld in verschillende hoofdstukken en paragrafen. Helemaal achter in dit rapport zijn de literatuurlijst en de bijlagen bijgesloten.

In deel 1 wordt beschreven welke achtergrondstudies gedaan zijn om goed georiënteerd aan de ontwerpfase te beginnen. In hoofdstuk 2 wordt het product in zijn geheel beschreven en worden de uitgangspunten, gebruikerswensen en de gebruikersschets beschreven. In hoofdstuk 3 wordt onderzoek gedaan naar verdrinkingskenmerken en verdrinkingsprocessen. In hoofdstuk 4 wordt onderzoek gedaan naar concentratieproblemen van toezichthouders. Als laatste worden in hoofdstuk 5 de antiverdrinkingssystemen van concurrenten besproken.

Deel 2 is de ontwerpfase. Hierin wordt allereerst, in hoofdstuk 6, het Programma van Eisen opgesteld. Vervolgens wordt in hoofdstuk 7 beschreven welke afwegingen mogelijk zijn voor het verdrinkingsdetectie-algoritme en de interface, zodanig dat dit aan het programma van eisen voldoet. In hoofdstuk 8 wordt aan de hand van beoordelingscriteria een definitief ontwerp gekozen.

In deel 3 wordt dit ontwerp ook daadwerkelijk geïmplementeerd. In hoofdstuk 9 wordt de uitwerking van het ontwerp beschreven. Hoofdstuk 10 bestaat uit een evaluatie van de implementatie. Tot slot bevat hoofdstuk 11 de conclusies van de verschillende delen van het rapport en worden aanbevelingen gedaan voor verdere ontwikkeling van het antiverdrinkingssysteem.

Deel 1: Achtergrondstudies

2. BlueWatch, de gebruiker en de gebruikerswensen

Dit hoofdstuk begint in paragraaf 2.1 met een korte beschrijving van het product en de zwembaden waar BlueWatch zich op zal richten. In paragraaf 2.2 worden de uitgangspunten van het antiverdrinkingssysteem besproken. In paragraaf 2.3 wordt dieper ingegaan op de gebruikers en de gebruikerswensen.

2.1 Inleiding: BlueWatch, openbare zwembaden en de gebruiker

Elk zwembad zou een antiverdrinkingssysteem goed kunnen gebruiken om de veiligheid van het bad te verhogen. BlueWatch richt zich echter op dit moment alleen op de openbare zwembaden. Een dergelijk systeem zal dermate prijzig zal zijn, zodat particulieren die een zwembad bezitten, geen interesse zullen hebben. In een later ontwikkelingsstadium zal voor particulieren een beter betaalbaar systeem op de markt komen.

De noodzaak voor een dergelijk systeem ligt in het feit dat jaarlijks nog enkele verdrinkingen voorkomen in openbare zwembaden. Een klein overzicht van recente (bijna)verdrinkingen kunnen in bijlage 1 worden gevonden.

Zoals hierboven beschreven richt BlueWatch zich alleen op de openbare zwembaden. Het gaat bij openbare zwembaden om baden die je kunt vinden in vakantieparken, recreatieparken, pretparken en de 'normale' openbare zwembaden.

Voorals zwembaden waar het erg druk kan zijn, zullen baat hebben bij het antiverdrinkingssysteem, omdat personen door de drukte makkelijker over het hoofd kunnen worden gezien.

De toezichthouders¹ die met het systeem om moeten gaan, zullen over het algemeen enige ervaring hebben met techniek². Er kan vanuit worden gegaan dat ze overweg kunnen met een simpele en intuïtieve interface, deze behoeft dus geen uitgebreide uitleg.

Een veel voorkomende klacht bij zwembaden is dat een antiverdrinkingssystemen ertoe zou leiden dat toezichthouders (onbewust) denken dat het systeem een vervanging is. Hierdoor letten ze minder goed op, waardoor mogelijke verdrinkingen niet worden gezien. De concentratie van toezichthouders zou dan dus achteruit gaan door de komst van een dergelijk systeem.

2.2 De uitgangspunten van het antiverdrinkingssysteem

Voordat er gekeken zal worden naar de gebruikersschets en de gebruikerswensen, zullen eerst de uitgangspunten van het BlueWatch antiverdrinkingssysteem worden besproken.

Het eerste uitgangspunt is dat het systeem geen vervanging is van de toezichthouder. Een toezichthouder moet altijd aanwezig zijn in een zwembad. Het antiverdrinkingssysteem is er om de toezichthouder te helpen bij het verhogen van de veiligheid in het zwembad.

¹ Het woord 'toezichthouders' is in dit rapport gedefinieerd als lifeguards en badmeesters.

² Met techniek wordt hier bedoeld mobiele telefoons en computers.

Het tweede uitgangspunt is dat het systeem op basis van positiebepaling moet detecteren of een zwemmer verdrinkt. Een klein luidsprekertje die de zwemmer bij zich draagt zendt een akoestisch signaal uit. Dit signaal wordt opgevangen door kleine microfoons in het zwembad. Doordat de afstand van het luidsprekertje naar elke microfoon verschilt, zal het uitgezonden signaal niet overal gelijktijdig aankomen. Door deze 'tijdverschillen' te bepalen, kan de positie van het luidsprekertje, en dus de positie van de zwemmer, worden bepaald. De microfoons zullen onder water aan de rand van het zwembad of op de bodem van het zwembad gemonteerd worden.

Het derde uitgangspunt is dat het luidsprekertje in een armbandje wordt verwerkt. Zwemmers zullen vaak al een armbandje om hebben met daaraan een sleutel van een kluisje. Door het luidsprekertje in het armbandje te integreren en deze zo klein mogelijk te houden, zal dit de zwemmer zo min mogelijk belemmeren.

2.3 Een gebruikersschets en de gebruikerswensen

De gebruikers van het systeem zullen over het algemeen de toezichthouders zijn. Van deze groep wordt een gebruiksprofiel opgesteld. Vervolgens worden de gebruikerswensen op een rijtje gezet.

2.3.1 Gebruikersschets

Bij toezichthouders gaat het om een gebruikersgroep die varieert in leeftijd van 16 jaar tot 60 jaar. Deze groep zal over het algemeen geen hoogopgeleide gebruikersgroep zijn, maar zeker ook geen laaggeschoolde groep. Het aantal mannelijke toezichthouders ligt hoger dan het vrouwelijke aantal, maar vrouwen zijn geen uitzondering.

Ervaring met techniek

Toezichthouders zijn in het bezit van een EHBO-diploma en zijn vaardig in het redden zwemmen (Wikipedia, 2008a). Ook kunnen er enkele cursussen voor toezichthouders gevolgd zijn. Deze opleidingen zijn geenszins technisch van aard. Toch kan er wel vanuit worden gegaan dat toezichthouders enige technische ervaring hebben met mobiele telefoons en computers.

MBO denkniveau

De gebruikers die met het systeem zullen werken, zijn over het algemeen niet hoogopgeleid. Toch kan er verwacht worden dat ze overweg kunnen met een simpele en intuïtieve gebruiksmanier van het systeem.

Concentratieverlies door klimaat en geluid

Studies hebben uitgewezen dat de concentratie van toezichthouders al na een half uur met enkele tientallen procenten kan dalen. Dit komt door de omstandigheden in het zwembad, waaronder de temperatuur, de luchtvochtigheid en het geluid van de omgeving.

Concentratieverlies door antiverdrinkingssysteem

Een aantal zwembaden hebben aangegeven het antiverdrinkingssysteem van Poseidon niet aan te schaffen, omdat de kans bestaat dat toezichthouders bewust of onbewust gaan denken dat het systeem een vervanging is. Hierdoor daalt de concentratie, waardoor verdrinkingen te laat kunnen worden gedetecteerd. Ook zijn er zwembaden die hebben aangegeven het concurrerende systeem te hebben verwijderd vanwege de dalende concentratie.

2.3.2 Gebruikerswensen

Het doel van het antiverdrinkingssysteem is om de toezichthouders zoveel mogelijk te ondersteunen bij het tegengaan van verdrinkingen. Het grootste probleem wat hierbij

vermeden dient te worden, is het verlies van geloofwaardigheid in het systeem. Verder is het belangrijk dat het systeem makkelijk in gebruik is: er moet geen uitgebreide instructie nodig zijn om er mee aan de slag te kunnen.

De wensen van de gebruiker voor het BlueWatch antiverdrinkingssysteem zijn als volgt:

- Het systeem dient eenvoudig in het gebruik te zijn, zodat iedereen er mee kan werken.
- De toezichthouder moet te allen tijde bij het zwembad kunnen blijven, bij het in gebruik hebben van het systeem.
- Het mag niet afleiden of hinderen bij dagelijkse werkzaamheden.
- Een alarm bij verdrinking of een vals alarm moet snel en gemakkelijk uit te schakelen zijn.
- Veel valse alarmen zijn slecht voor de geloofwaardigheid en zijn daarom ongewenst.
- Als er een zwemmer dreigt te verdrinken moet snel te zien zijn waar deze zwemmer zich bevindt.
- Het systeem moet te gebruiken zijn in wedstrijdbaden en golfslagbaden.
- Het systeem dient waterdicht te zijn.
- Het systeem moet weinig onderhoudsgevoelig zijn.
- Het systeem moet snel gebruiksklaar zijn. Het opstarten en initialiseren van het systeem moet dus snel zijn.

De wensen van gebruikers zijn deels verkregen door middel van telefonische enquêtes. Het andere deel van de gebruikerswensen volgen logischerwijs uit het doel van het product.

3. Verdrinkingsprocessen en verdrinkingskenmerken

Het is van belang voor het ontwerpen van een verdrinkingsdetectie-algoritme om alle kenmerken van een verdrinking op een rij te zetten. Hieruit kan bepaald worden welke kenmerken van belang zijn voor het algoritme om een verdrinking goed te kunnen detecteren.

De definitie van verdrinking is: '*Overlijden ten gevolge van verstikking in een vloeistof*' (R. Zegers, 2008). Het is een geleidelijk proces dat uiteindelijk kan leiden tot de dood. In het verdrinkingsproces zijn verschillende fasen te onderscheiden. Iedere fase heeft kenmerken die van belang zijn voor het verdrinkingsdetectie-algoritme. Jeff Ellis & Associates (1995) beschrijft verdrinking in vijf fasen. Pia Enterprises (1994) onderscheidt het in zes fasen. Door het beschrijven van beide processen komen zoveel mogelijk kenmerken die bij verdrinking optreden aan bod. In dit hoofdstuk komen dan ook beide processen aan bod.

Om tot een goed verdrinkingsdetectie-algoritme te komen is het belangrijk om veel te weten van het verdrinkingsproces en de -kenmerken. In de paragrafen 3.1 en 3.2 worden daarom twee verschillende verdrinkingsprocessen beschreven. In paragraaf 3.3 worden de belangrijkste kenmerken samengevat en welke kenmerken gedetecteerd kunnen worden met behulp van positiebepaling. In paragraaf 3.4 komen de benodigde eisen aan bod met betrekking tot het antiverdrinkingssysteem.

3.1 Verdrinkingsproces Jeff Ellis & Associates

Het eerste verdrinkingsproces is beschreven door Jeff Ellis & Associates (1995). Dit is een internationale consultant op het gebied van waterveiligheid en risicomanagement. In totaal zijn er vijf fasen te onderscheiden.

Fase 1. Overrompeling

Het slachtoffer herkent het gevaar en raakt in paniek³. Het lichaam neemt een bijna verticale positie in het water aan, waarbij er weinig tot geen beweging van de benen is. De armen zijn aan of vlakbij het wateroppervlak, met willekeurig zwaaien en bewegingen die lijken op het vastgrijpen van het wateroppervlak. Het hoofd is omhoog gericht, om te proberen naar adem te happen. De slachtoffers maken zelden geluid.

Fase 2. Onvrijwillig inhouden van adem

Het slachtoffer zakt met het gezicht onder water. Om zichzelf te beschermen wordt onvrijwillig de adem ingehouden. Dit komt omdat er water in de mond is, waardoor de luchtpijp wordt afgesloten. Toch kan het slachtoffer doorgaan met spartelen, maar doordat er geen ademhaling meer plaatsvindt, kan er niet om hulp geschreeuwd worden. Zonder zuurstof zal het bewustzijn worden verloren.

Fase 3. Bewusteloosheid

Het slachtoffer 'sluit het lichaam af' door een zuurstoftekort met bewusteloosheid als gevolg. Het slachtoffer is in deze fase roerloos, er zijn geen borstbewegingen en ademhalingsgeluiden. Het slachtoffer zakt naar de bodem. De snelheid is afhankelijk van het lichaamsgewicht, het spiergewicht en de hoeveelheid lucht opgesloten in de longen. Als de ademhaling niet snel wordt hersteld zal dit tot sterven leiden.

³ Paniek is een hevige aanval van angst en gaat gepaard met zweten, stokken van de ademhaling, een onregelmatige hartslag, duizeligheid en gevoel van onwerkelijkheid (Wikipedia, 2008b).

Fase 4. Stuiptrekkingen door zuurstofarmoede

Door het gebrek aan zuurstof in de hersenen krijgt het slachtoffer stuiptrekkingen. De lippen en mond zullen blauw worden. Het lichaam ogt stijf en er kan schuim op de mond komen te staan.

Fase 5. Klinisch dood

De laatste fase in het verdrinkingsproces is de klinische dood. Het hart kan geen bloed meer rondpompen waardoor organen geen zuurstofrijk bloed krijgen. De huid zal ook blauw verkleuren.

3.2 Verdrinkingsproces Pia Enterprises

Het tweede verdrinkingsproces is beschreven door Pia Enterprises (1994:6), gespecialiseerd in lifeguardtraining en antiverdrinkingsprogramma's. Het proces onderscheidt in totaal zes fasen.

Fase 1. Verrast of angstig

Het slachtoffer herkent het gevaar en is tien tot twintig seconden bang. Het lichaam is in een diagonale of verticale stand. Er wordt niet met de benen bewogen. De armen maken slaande bewegingen op het water om het hoofd boven water te houden. Dit duurt ongeveer twintig tot zestig seconden. Het hoofd is omhoog gericht, zodat de mond boven het wateroppervlakte blijft, om adem te kunnen halen. Er zal zelden geluid worden geproduceerd, omdat het slachtoffer er alles aandoet om adem te halen.

In On Drowning (1970) wordt geconcludeerd dat het bange gevoel bijna onmiddellijk vervangen wordt door het happen naar adem. In beide gevallen zal de hartslag plotseling heel hoog worden.

Fase 2. Onvrijwillig inhouden van adem

Deze fase begint na minimaal dertig seconden spartelen en duurt ongeveer dertig tot negentig seconden. De adem wordt gedwongen ingehouden nadat het gezicht onder water raakt.

Fase 3. IDR (Instinctive Drowning Response)

De IDR is een groep kenmerken en symptomen die gezamenlijk wijzen op een verdrinking. Ten eerste is het slachtoffer niet in staat te roepen om hulp, doordat de mond bij verdrinking af en toe onder water verdwijnt. Daarbij heeft niet het spraakvermogen maar de ademhaling de primaire functie, waardoor het roepen om hulp wordt bemoeilijkt. Ten tweede kan er niet om hulp worden gezwaaid. Instinctief volgt na het happen van lucht dat de armen en handen op het wateroppervlakte slaan om de mond boven water te houden. Dit is dan ook gelijk het derde kenmerk: ongecontroleerde armbewegingen. Dit bemoeilijkt het zwaaien en roepen naar hulp. Ten vierde is het lichaam van het slachtoffer verticaal in het water en is er geen horizontale of diagonale verplaatsing mogelijk. Als laatste vecht een slachtoffer, gedurende twintig tot zestig seconden aan het wateroppervlakte.

Fase 4. Onderdompeling

Het hoofd van het slachtoffer gaat vaak onder water. Hierdoor zal de adem worden ingehouden, waardoor er nauwelijks nog zuurstof wordt opgenomen.

Fase 5. Bewusteloos

Door zuurstoftekort in het bloed, verliest het slachtoffer het bewustzijn. Het gevolg is dat het slachtoffer stil in het water ligt en langzaam naar de bodem zakt.

Fase 6. Dood

In deze fase is het slachtoffer in een toestand waar de ademhaling, bewustzijn en circulatie ontbreken. Redding is alleen nog mogelijk met behulp van reanimatie. Indien hier te lang mee gewacht wordt, of als dit geen effect heeft, zullen de hersencellen onherstelbaar beschadigd raken met de dood als gevolg. Het lichaam is in deze fase onder water en beweegt niet.

3.3 De belangrijkste verdrinkingskenmerken

De verdrinkingsprocessen van Jeff Ellis & Associates en Pia Enterprises beschrijven beide een verdrinking in een aantal fasen. In alle deze fasen zijn kenmerken beschreven die kunnen wijzen op een verdrinking.

Het is voor een goed antiverdrinkingssysteem van belang zo min mogelijk vals alarm af te geven. Zo behoudt het systeem haar geloofwaardigheid. Het is daarom belangrijk om de kenmerken te detecteren die daadwerkelijk adequaat op verdrinking wijzen.

In deze paragraaf is kort samengevat hoe een verdrinking in de vorige paragraaf beschreven wordt en is aangegeven welke kenmerken gedetecteerd kunnen worden met behulp van positiebepaling.

De kenmerken zijn als volgt samengevat: Allereerst zullen er ongecontroleerde op- en neergaande bewegingen plaatsvinden boven het wateroppervlak, wat ook wel spartelen wordt genoemd. Vervolgens zal het lichaam langzaam onder water zakken en blijven de ongecontroleerde armbewegingen doorgaan. Daarna verliest het slachtoffer het bewustzijn en zakt verticaal naar de bodem, waarbij de armen nauwelijks meer bewegen. Vanaf dit moment kunnen er ook stuiptrekkingen optreden.

Naast de bovenbeschreven verdrinkingsproces, is het ook mogelijk dat een slachtoffer gelijk buiten bewustzijn raakt door bijvoorbeeld een ongeluk of een botsing in het zwembad. Ook hier zal het slachtoffer dan langzaam naar de bodem zinken.

Om de kans op blijvend letsel zo klein mogelijk te houden, is het nodig een verdrinking in een vroeg stadium van het verdrinkingsproces te detecteren. Verder moet hier rekening gehouden worden met het feit dat de detectie plaatsvindt op basis van positiebepaling, waardoor alleen posities en bewegingen bepaald kunnen worden.

Een verdrinkingskenmerken wat te maken heeft met bewegingen en al vroegtijdig in het verdrinkingsproces voorkomt is spartelen. Dit is dus een belangrijk kenmerk voor het detecteren van een verdrinking.

Naast spartelen is het naar de bodem zinken van het slachtoffer ook een belangrijk kenmerk om verdrinking te detecteren. Het slachtoffer maakt immers een verticale verplaatsing en zal op de bodem van het bad nauwelijks nog van positie veranderen.

Conclusie: Detecteren van spartelen en naar de bodem zinken

Doordat spartelen bepaald kan worden door middel van positiebepaling en vroeg in het verdrinkingsproces voorkomt, is het ideaal om dit kenmerk te detecteren. Daarnaast kan het naar de bodem zinken van een slachtoffer en zich vervolgens langdurig op dezelfde positie begeven een belangrijk kenmerk van verdrinking zijn.

In de volgende paragraaf worden de parameters voor het spartelen en het zinken van naar de bodem bepaald. Zodoende kan er een indicatie gegeven worden over de benodigde specificaties betreffende het antiverdrinkingssysteem.

3.4 Verdrinkingskenmerken en benodigde eisen

In de vorige paragraaf is besproken welke verdrinkingskenmerken belangrijk zijn. Tevens is besproken welke kenmerken op basis van positiebepaling kunnen worden gedetecteerd. Deze paragraaf gaat over de bepaling van de parameters met betrekking tot de verdrinkingsfenomenen: spartelen en zinken. Hiervoor zijn een aantal metingen gedaan in een zwembad. Deze metingen zijn terug te vinden in bijlage 2. Aan het einde van de paragraaf wordt aan de hand van de resultaten ingegaan op de benodigde specificaties voor het antiverdrinkingssysteem.

Allereerst is voor het spartelen bepaald welke frequentie nodig dient te zijn om dit fenomeen te detecteren. Het fenomeen betreft hier armbewegingen: het in en uit het water gaan van de armen. Bij de meting van de frequentie, kwamen de volgende problemen naar voren:

- De meting is uitgevoerd door personen die konden zwemmen, waardoor het simuleren van spartelen bemoeilijkt werd;
- De persoon verkeerde niet in een angstige of benauwde positie, waardoor de manier van spartelen anders kan zijn.
- Onregelmatige bewegingen, waardoor de frequentie op sommige momenten hoger ligt dan het gemeten gemiddelde;

Toch geven de gemeten resultaten een plausibele indicatie over de snelheid van de armbewegingen tijdens het spartelen. Gemiddeld is er met de metingen een frequentie van 1,7 Hertz berekend. Deze metingen gelden voor beide armen, terwijl het polsbandje maar om één arm bevestigd is. Een frequentie van 0,85 Hertz komt dan grofweg overeen met één arm. De hoogste gemeten frequentie van de armbewegingen is 2 Hertz, voor één arm is dit dus respectievelijk één Hertz. Om te detecteren of de arm met het polsbandje dus in of uit het water is, dient de samplefrequentie minimaal 2 keer zo groot te zijn. Wegens de enigszins grote onnauwkeurigheid van de metingen, wordt rekening gehouden met de grootste gemeten frequentie. De minimale samplefrequentie dient dan ook 2 Hertz te bedragen om dit fenomeen te kunnen detecteren.

Als tweede is gekeken naar de snelheid bij een verdrinking indien een slachtoffer naar de bodem zakt. De snelheid is afhankelijk van de spiermassa, lichaamsgewicht en de hoeveelheid overgebleven lucht in de longen van het slachtoffer. De snelheid waarbij een persoon in de derde of vierde verdrinkingsfase van het verdrinkingsproces naar de bodem zakt, ligt volgens de metingen rond de 0,5 m/s. In een bad van twee meter diep zou dit betekenen dat een slachtoffer na vier seconden op de bodem van het zwembad is beland. Om te kunnen detecteren of een persoon ook daadwerkelijk zinkt en zich op de bodem van het zwembad bevindt, is een samplefrequentie van minimaal 1 Hz nodig.

Als laatste zijn er metingen gedaan met betrekking tot het veelvoudig in en uit water gaan in een zwembad. Deze metingen zijn gedaan om vast te stellen dat dit fenomeen uiteindelijk niet teveel op spartelen lijkt en dus zou kunnen leiden tot een vals alarm. De gemiddelde frequentie komt uit op 0,2 Hz, wat neerkomt op één keer in de vijf seconden. Indien de frequentie hoog genoeg is om spartelen te detecteren, is dit fenomeen dan ook gemakkelijk van het spartelen te onderscheiden.

Conclusie: Samplefrequentie van minimaal 2 Hertz.

Een samplefrequentie van minimaal 2 Hertz is voldoende zijn om de verschillende verdrinkingsfenomenen te kunnen detecteren en te onderscheiden. Indien deze samplefrequentie lager wordt gekozen zal het spartelen niet meer kunnen worden gedetecteerd. Wel kan indien de samplefrequentie hoger is als 1 Hertz, het zinken van het slachtoffer worden gedetecteerd.

Het spartelen lijkt in praktijk echter te veel op spelen. Zo kunnen bijvoorbeeld kinderen die gedurende lange tijd water aan het spetteren zijn, ook armbewegingen maken die uit en in het water zijn. Hierdoor is spartelen wel te detecteren, maar is er geen direct

onderscheid te maken met spelen. Het antiverdrinkingssysteem zal zodoende veel vals alarm afgeven of een verdrinking pas in een laat stadium detecteren, indien een slachtoffer naar de bodem is gezakt. In de ontwerpfase wordt daarom nog naar andere alternatieven gezocht als aanvulling op detectie met behulp van positiebepaling.

4. Concentratieproblemen toezichthouders

Het doel van het antiverdrinkingssysteem is om de toezichthouders te assisteren bij het observeren van de zwemmers. Hierbij is het belangrijk dat de veiligheid van een zwembad met de komst van het systeem hoger wordt. Uit marktonderzoek, dat is gedaan voor het businessplan van BlueWatch, bleek echter dat een substantieel aantal van de zwembaden zonder antiverdrinkingssysteem twijfels heeft bij de aanschaf van het systeem.

Er wordt gedacht dat de komst van het systeem bij de toezichthouders zorgt voor concentratieafname. Toezichthouders gaan bewust of onbewust denken dat het systeem een vervanging is, daardoor zou de gedachte kunnen ontstaan dat niet meer opgelet hoeft te worden. Bij een verdrinking slaat het systeem dan toch wel alarm, waardoor er toch tijdig wordt ingegrepen.

Naast de afname van de concentratie door de komst van een antiverdrinkingssysteem is er nog een andere oorzaak van concentratieafname. Geluid of warmte in zwembaden zorgen ook voor het afnemen van de concentratie.

Omdat het antiverdrinkingssysteem als doel heeft de veiligheid in zwembaden te verhogen en de kans op verdrinkingen te beperken, is dit hoofdstuk gewijd aan onderzoek naar concentratieverlies bij toezichthouders. Zodoende kan worden bepaald of er in de ontwerpfase rekening gehouden moet worden met concentratieafname van de toezichthouders.

In paragraaf 4.1 zijn de onderzoeken beschreven die gedaan zijn naar concentratieafname te wijten aan de komst van een antiverdrinkingssysteem. Paragraaf 4.2 is gewijd aan de meningen van twee psychologen over deze mogelijke vorm van concentratieverlies. Vervolgens worden in paragraaf 4.3 de overige bronnen van concentratieverlies behandeld. Als laatste worden in paragraaf 4.4 de belangrijkste punten samengevat en volgt er een conclusie.

4.1 Zwembaden over concentratieverlies door komst antiverdrinkingssysteem

In deze paragraaf staan twee onderzoeken beschreven hoe zwembaden denken over de ernst van dit probleem. Het eerste onderzoek dat wordt beschreven, is gedaan naar zwembaden zonder antiverdrinkingssysteem. Vervolgens worden de resultaten beschreven van een onderzoek naar de mening van toezichthouders die surveilleren in zwembaden waar een antiverdrinkingssysteem is geïnstalleerd.

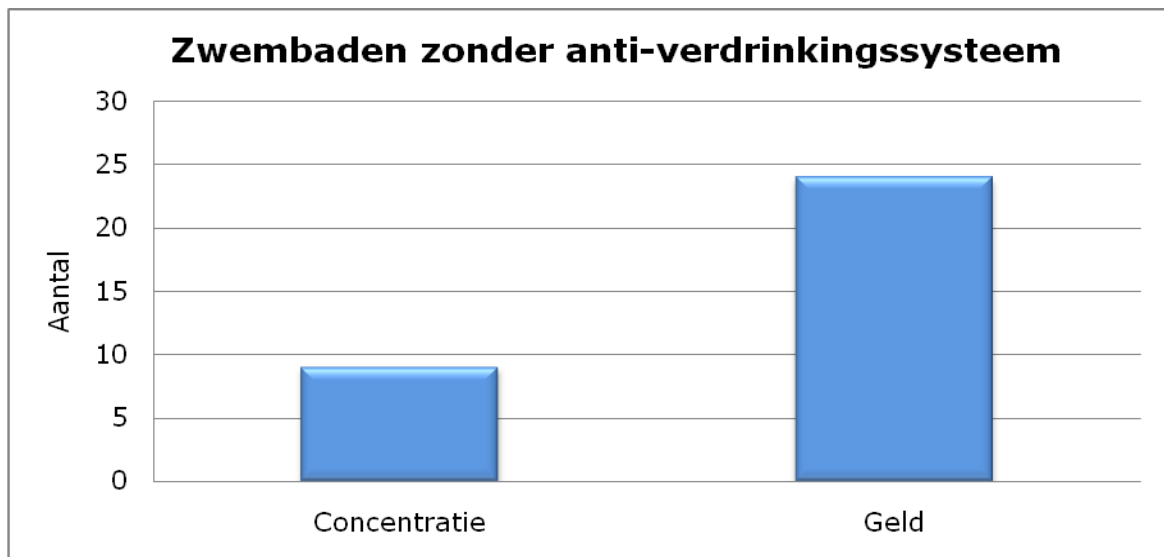
Marktonderzoek naar zwembaden zonder antiverdrinkingssysteem

Voor het BlueWatch businessplan is onderzoek gedaan onder 25 zwembaden, verspreidt over alle provincies van Nederland. Doel van dit onderzoek was om te peilen hoeveel procent van de zwembaden gezien kan worden als potentiële koper van het antiverdrinkingssysteem. Aan de zwembaden die te kennen gaven geen interesse te hebben werd een reden gevraagd.

Het overgrote gedeelte van de zwembaden zonder interesse gaf aan dat zij geen geld beschikbaar hebben voor een dergelijk systeem. Onverwacht werd echter ook vaak door deze zwembaden aangegeven dat bij hen de indruk heerste dat de komst van een antiverdrinkingssysteem ten koste zal gaan van de concentratie van de toezichthouders. Vaak werd dit als tweede reden opgegeven, naast het argument dat er geen geld beschikbaar is. Zodoende is er verder onderzoek gedaan naar concentratieproblemen, voordat over wordt gegaan tot het ontwerpen van het systeem.

Eén zwembad gaf aan dat zij het antiverdrinkingssysteem van Poseidon op proef hebben gehad, maar het door concentratieproblemen bij de toezichthouders niet hebben aangeschaft.

De totale uitslag van het onderzoek is in figuur 4.1 weergegeven.



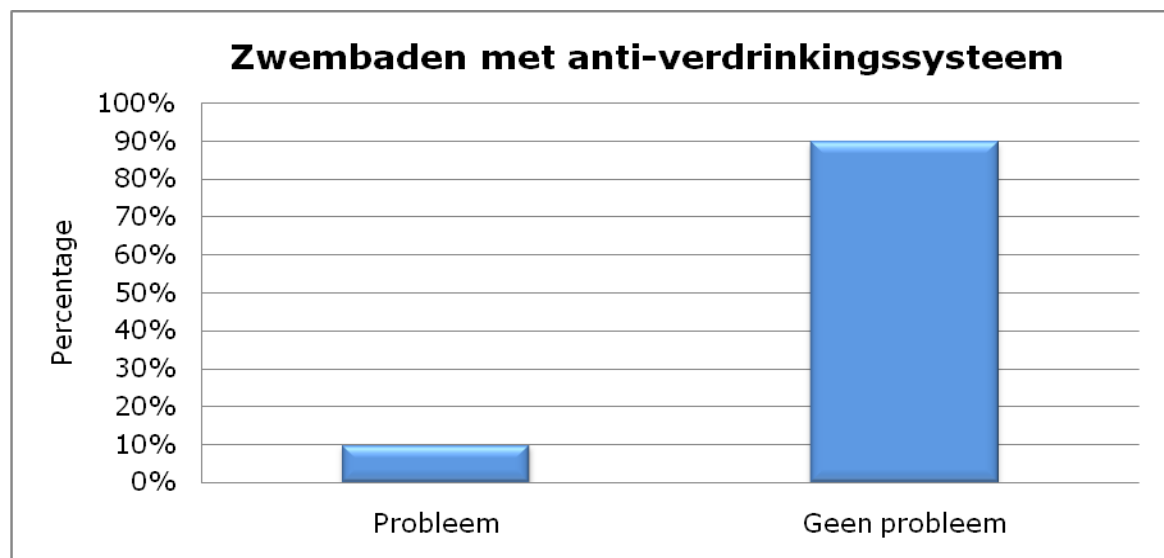
Figuur 4.1: Redenen waarom zwembaden geen antiverdrinkingssysteem aanschaffen

Onderzoek bij zwembaden die wel een antiverdrinkingssysteem hebben

Een substantieel aantal van de zwembaden zonder antiverdrinkingssysteem meent dat de komst van een dergelijk systeem de concentratie van de toezichthouders aantast. Om te kijken hoe dit door toezichthouders zelf ervaren wordt, zijn tien toezichthouders, van zwembaden waar het antiverdrinkingssysteem van BlueWatch' concurrent Poseidon is geïnstalleerd, ondervraagd.

Uit dit onderzoek is gebleken dat in slechts één van de tien ondervraagde zwembaden concentratieafname wordt ervaren na de komst van het systeem. De toezichthouders van de overige negen baden gaven aan zeer tevreden te zijn over de werking van het systeem. Het systeem wordt gezien als een extra hulpmiddel, als een zogenaamd 'derde oog'. Verder werd aangegeven dat het systeem een geruststellende werking heeft. De komst van het systeem had volgens de toezichthouders geenszins geleid tot afname van de oplettendheid.

In figuur 4.2 zijn de resultaten van dit onderzoek nog eens weergegeven.



Figuur 4.2: Zwembaden met antiverdrinkingssysteem over het concentratieverlies

4.2 Concentratieproblemen volgens psychologen

In deze paragraaf komen de meningen van Verstraten en Van der Hart aan bod. Verstraten is een hoogleraar psychonomie aan de Universiteit van Utrecht. Van der Hart is psycholoog aan de Universiteit van Utrecht.

De mening van Van der Hart (2008) over het concentratieprobleem is dat er inderdaad een kans bestaat dat toezichthouders te veel op het systeem gaan vertrouwen. Van der Hart vergelijkt het probleem met autorijders en het TomTom navigatiesysteem:

"Als 'gewoon' psycholoog, dus niet vanuit mijn hoogleraarschap, zou ik zeggen dat er inderdaad het risico bestaat dat de badmeesters minder oplettend worden en teveel gaan vertrouwen op het apparaatje, zoals autorijders kunnen doen bij het gebruik van de TomTom: klakkeloos volgen wat het aangeeft in plaats van zelf ook nagaan wat klopt in een bepaalde (verkeers)situatie."

Volgens Van der Hart houdt dit in dat de toezichthouders met het antiverdrinkingssysteem van BlueWatch soms gevaar over het hoofd gaan zien, daar waar het gevaar wel was opgevangen zonder het antiverdrinkingssysteem.

Verstraten (2008) denkt dat het met het concentratieverlies mee zal vallen. Verstraten vergelijkt het probleem met een luchtverkeersleider en de radar om botsingen te voorkomen. Hij zegt hierover het volgende:

"Ieder schip/vliegtuig of geavanceerd apparaat heeft geautomatiseerde waarschuwing. Het feit dat een vliegverkeersleider beschikking heeft over radar met daarin een waarschuwingssignaal voor vliegtuigen op collision course wil niet zeggen dat deze persoon minder alert is. Maar het geheel is erg afhankelijk van hoe het werkt. Het moet ondersteunend zijn, niet vervangend."

Het systeem van BlueWatch is ter ondersteuning en niet ter vervanging. Het antiverdrinkingssysteem zou volgens Verstraten dus niet direct leiden tot vermindering van de concentratie betreffende de toezichthouders.

4.3 Overige bronnen van concentratieverlies

Zoals in de inleiding al kort is aangegeven is het zo dat toezichthouders ook zonder antiverdrinkingssysteem kampen met concentratieproblemen. The Applied Anthropology Institute in Parijs (2001) heeft hier onderzoek naar gedaan. Deze paragraaf is grotendeels gebaseerd op dit onderzoek. De belangrijkste feiten die naar voren zijn gekomen zijn samengevat.

Allereerst komt in het onderzoek naar voren dat de optimale concentratie nooit langer dan dertig minuten kan worden vastgehouden. Ook is het praktisch onmogelijk dat toezichthouders in deze dertig minuten honderd procent alert zijn. Toezichthouders worden geacht twee uur of langer achter elkaar door te werken, voordat ze een pauze krijgen. Dit betekent dat er nooit gedurende deze hele periode met optimale concentratie kan worden gesurveilleerd. Het is aangetoond dat pauze een positieve uitwerking heeft op de oplettendheid.

Verder komt in het onderzoek naar voren dat bewezen is dat de signaalruisverhouding in zwembaden vaak van dusdanig niveau is, dat dit de concentratie van toezichthouders sterk doet afnemen. In zwembaden is het vaak druk. Vooral in binnenbaden levert dit een behoorlijke ruis. Naast vermoeidheid is dit een belangrijke oorzaak voor het afnemen van de concentratie gedurende de dienst.

Ook de warmte in zwembaden leidt tot concentratieafname. Zo kan een temperatuur van dertig graden Celsius voor een concentratieafname van vijfenveertig procent zorgen.

Afwisseling van activiteiten zorgt juist voor een verbetering van de oplettendheid. Ook het actief blijven rondlopen rond het zwembad zorgt voor een verhoging van de concentratie.

Ten slotte kan de verplichting om altijd geconcentreerd te zijn, zorgen voor veel stress en frustratie. Deze stress en frustratie kan vervolgens weer leiden tot afname van de concentratie.

4.4 Concentratieverlies tegengaan

In de voorgaande paragrafen van dit hoofdstuk is de ernst van het concentratieprobleem onderzocht. In deze paragraaf wordt besloten of er in de ontwerpfase verder zal worden ingegaan op het concentratieprobleem om dit eventueel op te lossen.

Als gekeken wordt naar de mening van zwembaden zonder het systeem dan wordt de indruk gewekt dat concentratieverlies door de komst van een antiverdrinkingssysteem een serieus probleem is. Ondervraging van toezichthouders die werken in een zwembad waar een dergelijk systeem is geïnstalleerd duidt echter aan dat het probleem in de praktijk mee lijkt te vallen.

Ook de twee psychologen zijn het er niet over eens of de komst van een antiverdrinkingssysteem er toe kan leiden dat de oplettendheid van de toezichthouders minder wordt. Van der Hart ziet het wel als een serieus probleem, maar collega Verstraten voorziet geen problemen.

Feit is echter wel dat de werkomstandigheden, waaronder toezichthouders moeten werken, ervoor zorgen dat de concentratie lang niet ideaal is. De hoge temperatuur, de drukte, het alsmaar scherp moeten zijn en de eenzijdigheid van het werk leiden allen tot afname van de concentratie en dus tot meer kans op een verdrinking die over het hoofd kan worden gezien.

Het doel van het antiverdrinkingssysteem is verdrinkingen tegen gaan. Als de concentratie van de toezichthouders kan worden verbeterd, wordt de waarschijnlijkheid dat een verdrinking wordt gedetecteerd groter. Dit komt dus het doel van het systeem ten goede. Er zal daarom in de ontwerpfase rekening worden gehouden met het concentratieprobleem. Dit zal in paragraaf 7.3 verder worden behandeld.

5. Concurrerende antiverdrinkingsystemen

Voordat er wordt begonnen aan het ontwerp is het goed om naar de concurrerende antiverdrinkingsystemen te kijken. Door te kijken naar deze systemen kan mogelijk inspiratie voor het systeem van BlueWatch worden opgedaan.

De volgende aspecten van de antiverdrinkingsystemen zijn geanalyseerd: het verdrinkingsdetectie algoritme, de interface en hoe de concentratie van toezichthouders in combinatie met het systeem hoog wordt gehouden.

Alle concurrerende antiverdrinkingsystemen werken op basis van het analyseren van videobeelden. De analyse bestaat onder andere uit het segmenteren van de beelden en het herkennen van patronen. Het BlueWatch-systeem werkt op basis van het analyseren van de positie waar een zwemmer zich bevindt.

In de paragrafen 5.1, 5.2 en 5.3 zijn respectievelijk de antiverdrinkingsystemen van Poseidon, iMergo en Swimguard beschreven. In 5.4 zijn deze paragrafen kort samengevat.

5.1 Poseidon

Het eerste geanalyseerde systeem is van Poseidon. Dit antiverdrinkingsysteem is het bekendste en het meeste gebruikte systeem⁴ voor openbare zwembaden.

Het verdrinkingsdetectie-algoritme

Het systeem van Poseidon (1995) werkt op basis van overzichtscamera's boven het zwembad en onderwatercamera's in het zwembad. In figuur 5.1 zijn deze camera's weergegeven. De camerabeelden worden real-time geanalyseerd door de centrale processor.



Figuur 5.1: De camera's van Poseidon: onderwater (l), boven water (r)

De software kan bewegingloze zwemmers detecteren, maar ook langzaam zinkende zwemmers. Poseidon geeft geen preciezere details vrij. Wel wordt er gesproken over twee ontwikkelde algoritmes, genaamd ActiVolume™ en TextureScan™. De eerste analyseert twee beelden die tegelijkertijd zijn verzonden om onderscheid te maken tussen schaduwen en objecten. De tweede analyseert de texturen in een beeld om objecten, omgeven door patronen op de achtergrond, te kunnen detecteren.

In de praktijk komen een aantal problemen met dit systeem voor. De overzichtscamera's detecteren ook mensen op de kant van het zwembad. Als hierbij te lang niet bewogen wordt zal een alarm worden afgegeven. Het gebruik van voorwerpen in het zwembad kan tot een vals alarm leiden. Een ander voorkomend probleem is het verval van de

⁴De website van Poseidon claimt meer dan 150 geïnstalleerde systemen te hebben.

systeemmaterialen. Door de omstandigheden in zwembaden, waaronder het chloorgehalte en de luchtvochtigheid, komt het voor dat materialen soms al na een paar jaar aan vervanging toe zijn.

De gebruikersinterface van het systeem

De interface van Poseidon bestaat uit een aantal onderdelen. Allereerst is er het centrale overzichtsscherm, weergegeven in figuur 5.2. Het beeldscherm is volledig touchscreen en wordt onderaan bediend door vier knoppen. De knoppen zijn: aan/uit zetten van het systeem, menu/select, omhoog en omlaag.

Het scherm is helder genoeg om buiten te kunnen gebruiken en heeft geen last van schittering van licht. Verder heeft het een groot alarmlicht en een alarmgeluid die bij een dreigende verdrinking worden geactiveerd.



Figuur 5.2: Overzichtsscherm Poseidon

In figuur 5.3 zijn een aantal afbeeldingen van de software weergegeven.



Figuur 5.3: Poseidon softwarebeelden: direct(l) en alert(r)

Op het moment dat er geen gedetecteerde verdrinking plaatsvindt, worden van elke camera de beelden om beurten op het scherm getoond, zie figuur 5.3 (l). Ook kan het scherm meerdere camerabeelden tonen.

Na constatering van verdrinking komt er een overzichtsscherm van het zwembad in beeld dat aangeeft waar het gevaar zich voordoet. Ook wordt het gevaar vanuit meerdere standpunten getoond. Dit is te zien in het figuur 5.3 (r).

Het tweede gedeelte van de interface is een groot LED-display. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in figuur 5.4. Het display kan gelezen worden tot op een afstand van honderd meter. Tevens is het display uitgerust met een alarmlicht.



Figuur 5.4: Het LED-display van Poseidon

Het display geeft aan waar het gevaar zich bevindt. In figuur 5.4 bevindt het gevaar zich ten opzichte van een referentiepunt op drie meter de ene kant op en vijf meter de andere kant op. Dit is een zeer effectieve manier om aan te geven waar de verdrinking plaatsvindt.

Het laatste onderdeel van de interface van Poseidon is de pieper. Iedere toezichthouder heeft een dergelijk apparaat bij zich. Het is een kleine en mobiele versie van het grote LED-display. De pieper wordt afgebeeld in figuur 5.5



Figuur 5.5: De draagbare pieper van Poseidon

Het apparaatje bevat een trilfunctie en alarmgeluid. De enige aanwezige knop is om een alarm uit te zetten als blijkt dat het een vals alarm is.

De concentratie behouden

Poseidon houdt geen rekening met de dalende concentratie van toezichthouders door de omstandigheden in het zwembad. Ook houdt het bedrijf geen rekening met toezichthouders die onbewust denken dat het systeem een vervanging is.

5.2 iMergo

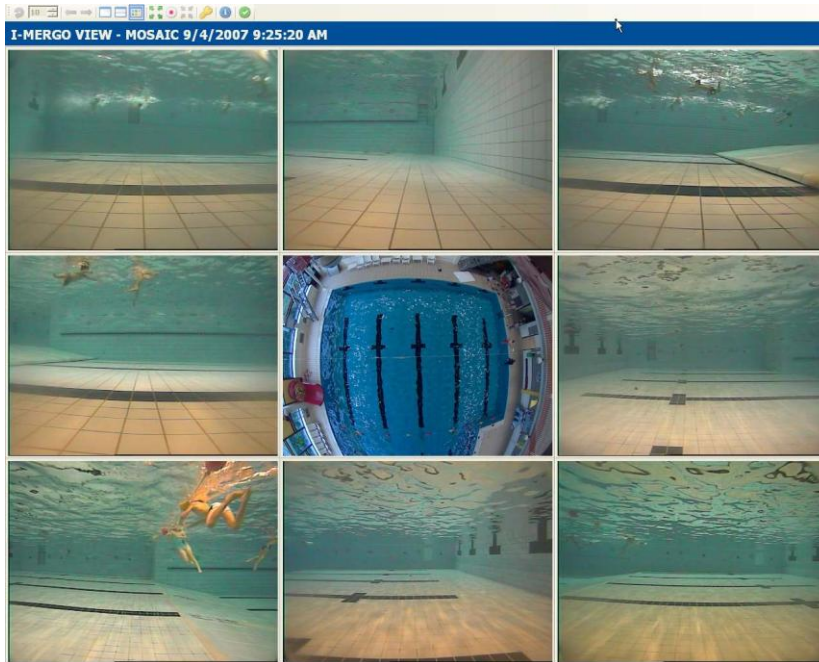
Het tweede nader bekeken concurrerende systeem is van iMergo (2007). Dit is een Nederlands bedrijf. Het systeem is nog in ontwikkeling en is daarom nog maar in één zwembad aanwezig, waar het wordt getest.

Het verdrinkingsdetectie-algoritme

Het systeem van iMergo is gebaseerd op het verwerken en analyseren van videobeelden. Er wordt gekeken naar neerwaartse bewegingen en verdrinkingskenmerken van zwemmers. Ook lichtreflecties en patronen op de achtergrond worden er uitgefilterd.

De gebruikersinterface van het systeem

Het belangrijkste onderdeel van de interface zijn de overzichtsschermen. In figuur 5.6 een dergelijk scherm weergegeven.



Figuur 5.6: Het overzichtsscherm van iMergo

Deze schermen zijn rond het zwembad opgehangen en zijn volledig touchscreen. Door het scherm op één van de camerabeelden aan te raken wordt er op dit beeld ingezoomd.

Nadeel van deze overzichtsschermen is dat hoe meer camera's in het zwembad geplaatst zijn hoe kleiner de beelden op het scherm worden weergegeven. Hierdoor zijn grotere schermen nodig om het goed te kunnen zien op grotere afstanden wat resulteert in een hogere prijs.

Het grote voordeel van een overzicht op deze wijze is dat in één oogopslag het hele zwembad in de gaten kan worden gehouden.

Een ander onderdeel van de interface is de manier waarop toezichthouders worden gealarmeerd. iMergo is hier heel flexibel in. Het wordt voor het zwembad op maat gemaakt of bestaande communicatiemiddelen worden aangepast. Een voorbeeld van het laatste geval is een 'Personal Digital Assistant' (PDA).

De concentratie behouden

Gezien de huidige staat waarin het systeem zich bevindt, is dit nog niet aan de orde.

5.3 Swimguard

Het derde en tevens laatste geanalyseerde systeem is van Swimguard (2004). Dit bedrijf biedt een systeem met onderwatercamera's en kleine beeldschermen aan. Het systeem kan geen verdrinkingen detecteren.

Het verdrinkingsdetectie-algoritme

Zoals hierboven genoemd is, kunnen er geen verdrinkingen worden gedetecteerd. Het bedrijf focust zich op een goede ondersteuning van de toezichthouder via onderwaterbeelden.

De gebruikersinterface van het systeem

De interface van het systeem bestaat uit één onderdeel namelijk een beeldscherm. Zie hiervoor figuur 5.7. Dit scherm is vaak gemonteerd aan de armleuning van een stoel. Over het algemeen zullen er meerdere van dit soort schermen in het zwembad aanwezig zijn.



Figuur 5.7: Het scherm van Swimguard

Grootste nadeel van deze oplossing is dat het scherm klein is, daardoor kun je vanaf een afstand het beeld niet duidelijk zien. Toezichthouders moeten dus altijd in de buurt van het scherm en daardoor vaak op één plaats blijven.

De concentratie behouden

Concentratieproblemen zullen met dit systeem niet snel voorkomen. Dit systeem heeft namelijk geen verdrinkingsdetectie-functionaliteit. Waar bij andere systemen nog gedacht kon worden dat het systeem een vervanging is, is dat hier niet aan de orde.

Samenvatting

In deze paragraaf wordt kort samengevat wat de sterke en de zwakke punten van de concurrerende antiverdrinkingssystemen zijn.

Eén van de grote voordelen wat al deze systemen gemeen hebben is het gebruik van videobeelden. Door deze beelden kan heel snel een heel zwembad in de gaten gehouden worden. Een ander voordeel is dat met behulp van videobeelden verdrinking al in de eerste fase kan worden herkend.

Nadeel van het gebruik van videobeelden is dat er heel veel rekenkracht nodig is om de beelden real-time te kunnen analyseren. Dit leidt ook weer tot hogere prijzen van de antiverdrinkingssystemen. Een ander nadelig punt is het geven van valse alarmen bij aanwezigheid van voorwerpen in zwembaden. Dit komt de betrouwbaarheid van de systemen niet ten goede.

De twee concurrerende antiverdrinkingssystemen met een verdrinkingsdetectie-functionaliteit maken beide gebruik van hulpmiddelen die de toezichthouders met zich

meedragen. Deze oplossing zorgt ervoor dat er geen onnodige paniek bij andere zwemmers zal ontstaan bij een mogelijke verdrinking. Dit zou wel kunnen gebeuren als in het hele zwembad wordt gealarmeerd.

Geen van de concurrenten lost het concentratieprobleem, ontstaan door de komst van een antiverdrinkingssysteem, op. Ook wordt er met de concentratievermindering door de omstandigheden in een zwembad geen rekening gehouden.

Nu de gebruikersschets, gebruikerswensen, verdrinkingsprocessen en kenmerken, de concentratieproblemen die optreden en de concurrenten zijn bekeken, kan deze informatie gebruikt worden om te bepalen welke deelconcepten mogelijk zijn.

Deel 2: Ontwerp

6. Programma van Eisen

BlueWatch is een recent opgestart bedrijf dat zich specialiseert in antiverdrinkings-systemen. Het systeem werkt op basis van positiebepaling door middel van akoestische golven. Het betreft hier een innovatief systeem, bedoeld voor de zakelijke markt. Dit antiverdrinkingssysteem is bedoeld om de toezichthouders in zwembaden te ondersteunen.

Elke zwemmer krijgt een armbandje om. In dit bandje bevindt zich een klein zendertje dat een akoestisch signaal uitzendt. Dit signaal wordt opgevangen door sensoren in het zwembad. De tijd dat het signaal er over doet om bij de sensoren te komen is voor elke sensor anders. Door deze verschillen te bepalen kan de positie van het armbandje en dus de zwemmer worden bepaald. Uit de positie wordt vervolgens bepaald of een zwemmer verdrinkt, dit gebeurt door het zogenaamde verdrinkingsdetectie-algoritme.

Dit rapport richt zich hoofdzakelijk op het ontwerp van een verdrinkingsdetectie-algoritme en de gebruikersinterface van een dergelijk systeem. In dit hoofdstuk is voor het algoritme en de interface het Programma van Eisen opgesteld.

Dit hoofdstuk is als volgt ingedeeld. In 6.1 worden de eisen vanuit het beoogde gebruik beschreven, gevolgd door de eisen vanuit de ecologische situering in paragraaf 6.2. Paragraaf 6.3 gaat over de eisen met betrekking tot het te ontwerpen systeem en 6.4 over eisen met betrekking tot een eventueel te ontwikkelen productiesysteem. Paragraaf 6.5 gaat over de eisen met betrekking tot het te ontwikkelen liquidatiesysteem. Tenslotte in paragraaf 6.6, staan de eisen vanuit bedrijfsstrategische, marketing- en verkooptechnische omstandigheden beschreven.

6.1. Eisen vanuit het beoogde gebruik

- [6.1.1] Het systeem moet verdrinkingen in een zwembad detecteren op basis van de binnen gekregen positie.
- [6.1.2] Het systeem moet een alarm activeren, waaruit duidelijk blijkt dat er sprake is van een verdrinking.
- [6.1.3] Het systeem moet de toezichthouder duidelijk kunnen maken waar iemand dreigt te verdrinken, zonder dat de toezichthouder van het zwembad weg hoeft te gaan.
- [6.1.4] Het alarm dat afgaat als iemand dreigt te verdrinken, moet gemakkelijk en snel kunnen worden uitgezet.
- [6.1.5] De gebruikersinterface van het systeem moet de gebruiker helder en eenzijdig duidelijk maken waar iemand dreigt te verdrinken in het zwembad.
- [6.1.6] De gebruikersinterface moet eenduidig en intuïtief in gebruik zijn.
- [6.1.7] Het systeem dient te kunnen functioneren in zowel wedstrijdbaden, golfslagbaden als stroomversnellingen.
- [6.1.8] Het systeem dient het Nederlands als voertaal te hebben.
- [6.1.9] Het systeem moet te begrijpen en te gebruiken zijn voor iemand met alleen een basis achtergrond van de Nederlandse taal.
- [6.1.10] Het systeem mag de concentratie van de toezichthouders niet doen afnemen.
- [6.1.11] De gebruikersinterface moet waterbestendig zijn.

6.2 Eisen vanuit de ecologische situering

- [6.2.1] De interface mag op geen enkele manier schade aan het milieu kunnen aanrichten.
- [6.2.2] De bedieningsorganen van het systeem moeten individueel ingesteld kunnen worden naar de eisen van de Arbowet.
- [6.2.3] Het beeldscherm van de interface mag niet meer elektromagnetische straling naar voren toe uitstralen dan 1 mW/cm^2 .
- [6.2.4] De interface mag op geen enkele manier belemmerend werken tijdens dagelijkse werkzaamheden en reddingsacties.
- [6.2.5] Het systeem mag geen paniek bij zwemmers veroorzaken.
- [6.2.6] Elke zwemmer moet de mogelijkheid hebben om een armbandje te kunnen dragen, er dienen dus voldoende bandjes aanwezig te zijn.
- [6.2.7] De interface mag de zwemmers niet belemmeren tijdens het zwemmen of spelen.
- [6.2.8] Het armbandje mag geen verwondingen aan de zwemmer of aan andere zwemmers kunnen toebrengen.

6.3 Eisen met betrekking tot het te ontwerpen systeem

- [6.3.1] Het alarm moet de coördinaten van de plaats van verdrinking op de volgende manier duidelijk kunnen maken aan de toezichthouders: '20x15' [meter].
- [6.3.2] De onnauwkeurigheid van de positiebepaling mag maximaal 50cm bedragen. Voor uitleg zie bijlage 3.
- [6.3.3] De positiebepaling moet minimaal twee keer per seconde een nieuwe positie bepalen en doorgeven aan het verdrinkingsdetectie-algoritme.
- [6.3.4] Het systeem moet binnen 30 seconden na de eerste verdrinkingskenmerken alarm hebben geslagen bij de toezichthouder.
- [6.3.5] Het systeem mag niet meer dan 10% vals alarm geven.
- [6.3.6] De onderdelen voor het antiverdrinkingssysteem moeten op voorraad te liggen, zodat een bestelling of reparatie direct uitgevoerd kan worden.
- [6.3.7] De (her)installatie van de software moet binnen één uur geschieden.
- [6.3.8] Het computersysteem dient binnen een halve werkdag gebruiksklaar te zijn.
- [6.3.9] De installatie van de interface dient binnen twee uur te kunnen geschieden.
- [6.3.10] Het zwembad dient tijdens de montage en onderhoud van het systeem bruikbaar te zijn.
- [6.3.11] Een defect systeem moet binnen een dag gerepareerd worden.
- [6.3.12] Het computersysteem dient eenvoudig van nieuwe software te kunnen worden voorzien.
- [6.3.13] Het systeem dient bij normaal gebruik een levensduur te hebben van minimaal 7 jaar.
- [6.3.14] Het systeem moet maximaal 2 maal per maand een uur onderhoud vergen.
- [6.3.15] De producten dienen te voldoen aan de eisen van een CE-markering.
- [6.3.16] De apparatuur moet eenvoudig kunnen worden verwijderd.
- [6.3.17] De systeemsoftware moet eenvoudig van de computers kunnen worden verwijderd.
- [6.3.18] De apparatuur dient met eenvoudige middelen te demonteren zijn.
- [6.3.19] Aan het einde van het leven van het systeem moet 40% van alle gebruikte materialen gerecycled kunnen worden.

6.4 Eisen met betrekking tot te ontwikkelen productiesysteem

- [6.4.1] De operationele software moet worden ontwikkeld gebruikmakend van MATLAB R2007b.
- [6.4.2] Het systeem dient te worden getest in een zwembad in combinatie met de positiebepaling.
- [6.4.3] Het testbad dient een minimale afmeting te hebben van 10 meter bij 10 meter, de diepte van het bad dient minimaal 2 meter te bedragen.
- [6.4.4] Voor het testen van het systeem moet van zogenaamde dummy's gebruik worden gemaakt.

6.5 Eisen met betrekking tot het te ontwikkelen liquidatie systeem

- [6.5.1] Aan het eind van het leven van het systeem zal via de reguliere procedures voor klein chemisch afval de verwerking van de materiële resten mogelijk moeten zijn.

6.6 Eisen vanuit bedrijfsstrategische, marketing- en verkooptechnische omstandigheden

- [6.6.1] Het systeem moet binnen één maand na bestelling werkend, dus geïnstalleerd en getest kunnen zijn in het zwembad.
- [6.6.2] De gebruiker moet de software van het verdrinkingsdetectie-algoritme zelf kunnen updaten.
- [6.6.3] Het ontwerp van de interface mag geen inbreuk maken op patenten of andere intellectuele eigendomsrechten.
- [6.6.4] De productiekosten van het systeem mogen niet hoger dan 50.000 euro zijn.

7. Deelconcepten voor het algoritme en de interface

Nu het Programma van Eisen duidelijk is, kan er begonnen worden aan het ontwerp voor het verdrinkingsdetectie-algoritme en de interface. Zowel het algoritme als de interface is op meerdere manieren te ontwerpen.

Het antiverdrinkingssysteem van BlueWatch is gebaseerd op positiebepaling, daarom heeft het algoritme in elk geval positiecoördinaten als input. In Hoofdstuk 3 kwam naar voren dat alleen positiecoördinaten zal leiden tot veel vals alarm, omdat de geen goed onderscheid gemaakt kan worden tussen spelen en spartelen. Het algoritme moet daarom nog aangevuld worden om bijvoorbeeld het spartelen beter te kunnen detecteren. Door het toevoegen van een extra input zal de betrouwbaarheid van het systeem worden verhoogd.

De interface is de schakel tussen de hardware en de gebruiker, en heeft meerdere taken. Ten eerste moeten de instellingen van het verdrinkingsdetectie-algoritme via de interface van het centrale computersysteem kunnen worden gewijzigd. Ten tweede moet de interface duidelijk en snel alarm naar de toezichthouders kunnen slaan. Tenslotte moet het ervoor zorgen dat de concentratie van toezichthouders te allen tijde hoog is.

In dit hoofdstuk worden voor elk van de deelaspecten minimaal drie alternatieven gepresenteerd. In paragraaf 7.1 worden de alternatieven gegeven met betrekking tot het detecteren van verdrinking. De verschillende mogelijkheden met betrekking tot de interface, worden beschreven in paragraaf 7.2. In paragraaf 7.3 worden de alternatieven met betrekking tot het concentratieprobleem beschreven. In het volgende hoofdstuk worden de verschillende mogelijkheden beoordeeld met behulp van de gestelde criteria en zal er een afweging gemaakt worden tussen de alternatieven.

7.1 Alternatieven voor input van het algoritme

Al vast staat dat de positiecoördinaten van een zwemmer worden doorgegeven aan het verdrinkingsdetectie-algoritme. In hoofdstuk 3 is geconstateerd dat het detecteren van een verdrinking op basis van alleen positiebepaling zal leiden tot veel vals alarm. In deze paragraaf worden daarom andere inputs besproken die het systeem betrouwbaarder kunnen maken.

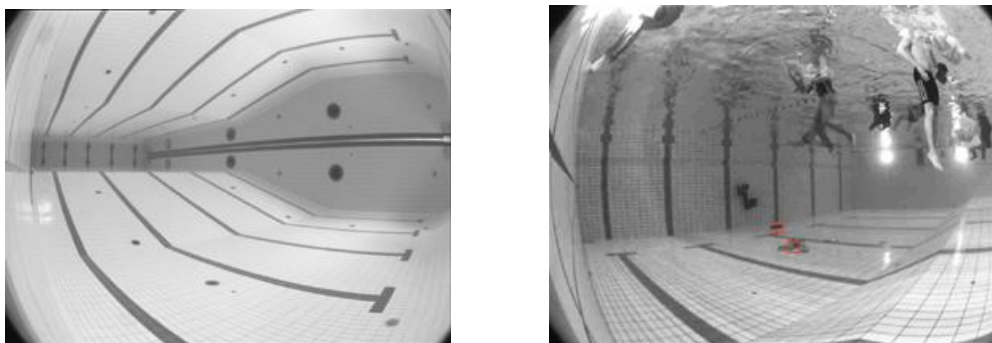
Het doel van deze alternatieve inputs is dat het algoritme verdrinkingen in een vroeg stadium kan detecteren en de herkenning van de verdrinkingskenmerken versterkt. De verschillende inputconcepten als aanvulling op de positiebepaling zijn:

- Videobeelden
- Hartslagmeting
- Waterdrukmeting

In deze paragraaf komen de verschillende alternatieve inputs aan bod. In paragraaf 8.1 is er een afweging gemaakt tussen deze alternatieven.

7.1.1 Videobeelden

Het eerste alternatief maakt gebruik van videobeelden. Door de videobeelden real-time te analyseren kunnen verdrinkingskenmerken gedetecteerd worden. Tot op heden is deze techniek alleen toegepast in antiverdrinkingssystemen door Poseidon en iMergo.



Figuur 7.1. Onderwatervideobeelden: leeg zwembad (l), detectie (r)

In figuur 7.1 zijn videobeelden van een onderwatercamera weergegeven. Het linker figuur toont een leeg zwembad. In het rechter figuur is een verdrinking gedetecteerd. De plaats van de verdrinking is met rode rechthoeken aangegeven.

De videobeelden kunnen niet direct personen in paniek detecteren. Wel kunnen er bewegingloze objecten en langzaam zinkende objecten worden gedetecteerd.

De videocamera's worden gemonteerd aan het plafond van het zwembad, aan de muren van het zwembad of in het zwembad zelf. Dergelijke camera's worden hedendaags al gebruikt, zie figuur 7.2.

Voor een duidelijk beeld onder water zijn de onderwatercamera's van hoge kwaliteit. Daarnaast is het mogelijk de onderwatercamera's een hoek van 180° waar te laten nemen.



Figuur 7.2: Cameraplatsing: Aan het plafond (l), aan de muur (m), in het zwembad (r)

7.1.2 Hartslagmeting

Het tweede alternatief maakt gebruik van een hartslagmeting bij de zwemmers. Met behulp van de hartslag kan een paniekaanval of hartstilstand gedetecteerd worden, waardoor snel ingrijpen mogelijk is.

Er zijn meerdere mogelijkheden om de hartslagmeter te integreren in het systeem. De mogelijkheden om de hartslag te meten zijn: een borstband, elektroden of een bloeddrukmeting. In figuur 7.3 zijn alle mogelijkheden afgebeeld.

De eerste mogelijkheid is een borstband die net onder de borst wordt bevestigd. De sensor in de band meet de hartslag. De zwemmer moet bij deze mogelijkheid dus een borstband dragen. In figuur 7.3 is aan de linkerkant een borstband weergegeven.

De tweede mogelijk is door twee vingers enkele seconden op de elektroden te plaatsen, waardoor de hartslag wordt bepaald. In figuur 7.3, rechts weergegeven, zijn deze elektroden in een horloge verwerkt.

De laatste mogelijkheid is door de onderdruk te meten. De onderdruk komt overeen met de hartslag. Dit werkt hetzelfde als de borstband, maar nu om de bovenarm in plaats van

de borst. Dit gebeurt met een bloeddrukmeter. In figuur 7.3, in de middelste afbeelding, is een bloeddrukmeter weergegeven.



Figuur 7.3: borstband met horloge (l), een bloeddrukmeter (m), elektroden in horloge (r)

Om de gebruiker zo min mogelijk te hinderen, is de bloeddrukmeting van de bovenarm tot op heden de gunstigste oplossing. De gebruiker heeft al een armbandje om voor de positiebepaling en dit kan dus eenvoudig gecombineerd worden.

7.1.3 Waterdrukmeting

Het laatste alternatief maakt gebruik van de waterdruk. Door een waterdruksensor in het armbandje te integreren, kan gemeten worden hoever het bandje zich onder water bevindt. Figuur 7.4 toont voorbeelden van producten met drukmeters.



Figuur 7.4: Camera met drukmeter (l), dieptemeter in horlogevorm (r)

De drukmeter meet door middel van een sensor de druk in het water. Aan de hand van de gemeten druk is het mogelijk te bepalen hoe diep de zwemmer zich in het water bevindt. Hoe groter de druk is, hoe te dieper iemand zich in het water begeeft.

7.2 Alternatieven voor de gebruikersinterface

Voor de toezichthouders is het van belang dat ze snel en eenduidig bij een verdrinking worden gealarmeerd. In deze paragraaf wordt daarom gekeken naar de mogelijkheden van de gebruikersinterface. In totaal worden zes mogelijkheden besproken:

- De surveillance-headset
- De luidsprekerinstallatie
- De alarmbel
- Het centrale LED-display
- Het polshorloge
- De buzzer

Op de alarmbel na, slaan al deze concepten op dezelfde manier alarm. Door in het zwembad een referentiepunt te kiezen, bij voorkeur in een hoek van het zwembad, kan uit dit punt de afstand in breedte- en lengterichting gegeven worden. Zo betekent '2x8': vanaf het referentiepunt gezien, twee meter de ene kant op en acht meter de andere kant op. Op deze plaats bevindt zich de verdrinking.

De gebruikersinterface staat in verbinding met het centrale computersysteem. Dit systeem voert de positiebepaling en het verdrinkingsdetectie-algoritme uit. Op het moment dat er een verdrinking wordt gedetecteerd, wordt er alarm geslagen via de interface.

In paragraaf 8.2 wordt aan de hand van criteria een afweging gemaakt welk concept in het BlueWatch-systeem gaat worden gebruikt.

7.2.1 De surveillance-headset

Het eerste concept voor de interface van het antiverdrinkingssysteem is de surveillance-headset. In figuur 7.5 is een dergelijke headset weergegeven. Het is de bedoeling dat de toezichthouder een oordopje in één van de oren draagt en er dient een microfoon op de kleding bevestigd te worden. Dit oordopje en microfoon zijn verbonden met een ontvanger, die net als het microfoon eenvoudig aan de kleding te bevestigen is.

Het alarm wordt door middel van een voorgeprogrammeerde computerstem naar het oortje van de toezichthouder doorgegeven.



Figuur 7.5: De surveillance-headset

Met de surveillance-headset kan niet alleen informatie worden ontvangen, maar kan er ook gecommuniceerd worden met collega's. Door op de ontvanger op de knop 'push to talk' te drukken, kan er met andere toezichthouders worden gesproken.

Indien er een gevaarlijke situatie optreedt, wordt de communicatie tussen de toezichthouders onderbroken en wordt vervolgens alarm geslagen. Dit alarm wordt driemaal herhaald en vervolgens is communicatie tussen de toezichthouders weer mogelijk.

De surveillance-headset is waterdicht. Het is daardoor mogelijk reddingsacties te verrichten zonder dat er waterschade zal optreden.

7.2.2 De luidsprekers

Het tweede concept van de interface dat gebruikt kan worden bij de interface van het antiverdrinkingssysteem is de luidsprekerinstallatie. In figuur 7.6 is een luidspreker te zien. Hierbij worden de luidsprekers verdeeld over het zwembad opgehangen, zodat deze overal in het zwembad voldoende hoorbaar zijn voor de toezichthouder. De hoeveelheid luidsprekers die opgehangen dienen te worden, is per zwembad verschillend. Mocht een zwembad al over een luidsprekerinstallatie beschikken, dan kan ook met de bestaande installatie worden gewerkt.



Figuur 7.6: Een luidspreker

De luidsprekerinstallatie is verbonden met de centrale computer van het antiverdrinkingssysteem. Als een zwemmer in nood is gedetecteerd, dan kan dit via de luidsprekers kenbaar worden gemaakt aan de toezichthouders. Ook hier zal het alarm middels een voorprogrammeerde stem worden doorgegeven. Het alarm zal zich twee minuten lang herhalen en wordt vanzelf uitgeschakeld.

De luidsprekerinstallatie is een vorm van eenzijdige communicatie. Dit betekent dat alleen het systeem informatie naar de toezichthouder kan sturen.

7.2.3 De alarmbel

Een variant op de luidspreker, die gebruikt kan worden bij de interface van het antiverdrinkingssysteem, is de alarmbel. De alarmbel is verbonden met de centrale computer van het antiverdrinkingssysteem. De alarmbel of, voor grotere zwembaden vaak, de alarmbellen, zijn zodanig in het zwembad opgehangen dat ze voldoende hoorbaar zijn voor de toezichthouders. Ook als de toezichthouder niet in de buurt van het zwembad is. Een voorbeeld van een alarmbel is te zien in figuur 7.7.



Figuur 7.7: De alarmbel

Doel van de alarmbel is om de toezichthouders kenbaar te maken dat een zwemmer dreigt te verdrinken, dus niet waar deze persoon zich in het zwembad bevindt of hoe ernstig de situatie is.

Evenals bij de luidsprekerinstallatie geldt ook voor de alarmbel dat sprake is van eenzijdige communicatie. Het systeem communiceert enkel met de toezichthouder, andersom is niet mogelijk.

7.2.4 Het centrale LED-display

De vierde mogelijkheid is het centrale LED-display, deze is weergegeven in figuur 7.8. Dit display dient op een centrale plaats in het zwembad te worden opgehangen, zodat het zichtbaar is vanuit ieder standpunt. Als dit niet mogelijk is dienen er meerdere LED-displays in het zwembad te worden geplaatst.



Figuur 7.8: LED-display

Via het centrale LED-display kan de computer van het antiverdrinkingssysteem aan de toezichthouder kenbaar maken waar iemand dreigt te verdrinken. Alarm slaan geschiedt op de manier zoals in de inleiding is beschreven. Dit alarm zal verschijnen op het display. Na twee minuten zal het alarm automatisch uitschakelen. Om energie te besparen zal het LED-display niets uitzenden als er geen gevaarlijke situatie herkend is.

7.2.5 Het polshorloge

Het vijfde alternatief dat gebruikt kan worden bij de interface van het antiverdrinkingssysteem is het polshorloge. Dit horloge staat in contact met de centrale computer van het systeem door een draadloze verbinding. Elke toezichthouder draagt een horloge bij zich. In figuur 7.9 is het polshorloge weergegeven.

Het display van het polshorloge bestaat uit twee rijen symbolen. Op de bovenste rij wordt de tijd weergegeven door middel van vier zevensegment displays en een LED-display dat aangeeft of het voor of na 12 uur 's middags is (AM of PM). De onderste rij bestaat uit zeven 7-segment displays, en is bestemd voor het alarm.



Figuur 7.9: Polshorloge met tijd en plaats van verdrinking

Ook hier is het mogelijk om '2x8', of een soortgelijk alarm in het scherm te laten verschijnen. Indien er geen alarm wordt geslagen staat in deze rij de tekst: SAFE. Na twee minuten schakelt het alarm vanzelf uit. Door op een van de knoppen van het horloge te drukken, kan het alarm uitgeschakeld worden bij bijvoorbeeld een vals alarm. Wanneer een toezichthouder het alarm uitdrukt, gaat het alarm bij alle andere toezichthouders ook uit.

Er is dus sprake van tweezijdig communicatie. Het systeem communiceert met de toezichthouders door aan te geven waar het gevaar dreigt. De communicatie van de toezichthouder naar het systeem geschiedt door middel van de knop op het horloge om het alarm te deactiveren.

Het is bij de communicatie van toezichthouder naar systeem ook mogelijk om te achterhalen wie van de toezichthouders deze knop ingedrukt heeft. Dit heeft voor het deactiveren van het alarm geen functie, maar is wel van belang bij het eventueel tegengaan van concentratieafname. Verder uitleg hierover is te lezen in paragraaf 7.3.

In het polshorloge is een luidsprekertje geïntegreerd. Het zorgt ervoor dat het horloge gaat piepen bij alarm. De toezichthouders hebben op deze manier meteen door dat er alarm is geslagen, waarna er eventueel ingegrepen kan worden.

Het polshorloge is waterdicht, zodat het horloge geen schade oploopt bij bijvoorbeeld een reddingsactie.

7.2.6 De buzzer

De laatste mogelijkheid die gebruikt kan worden voor de interface is de buzzer. De buzzer is afgebeeld in figuur 7.10. Iedere toezichthouder draagt een buzzer met zich mee. Het toestel kan in de broekzak of borstzak worden gedragen of aan een riem door middel van de broekclip. De broekclip is in figuur 7.10 niet te zien.

Verder is de buzzer uitgerust met een luidspreker. Door deze luidspreker zal de toezichthouder gealarmeerd worden bij een verdrinking. Op dat moment is op het beeldscherm van de buzzer te zien waar in het zwembad gevaar dreigt en wat de ernst van de situatie is. Het alarm wordt over een tijdsperiode van twee minuten afgegeven en schakelt zichzelf na die tijd automatisch uit. Het is echter mogelijk voor toezichthouders om het alarm eerder uit te zetten. Hiertoe is de buzzer uitgerust met een knop. Het indrukken van deze knop op één van de buzzers in gebruik is voldoende om het alarm te deactiveren.

Om waterschade na bijvoorbeeld reddingsacties te voorkomen, is de buzzer waterdicht.



Figuur 7.10: De buzzer

7.3 Alternatieven voor tegengaan concentratieprobleem

In hoofdstuk 4 kwam naar voren dat het concentratieprobleem aangepakt moet worden. Hieronder worden drie alternatieven besproken om dit probleem tegen te gaan. In samenwerking met Van der Hart zijn de volgende mogelijkheden geconstrueerd:

Competitie tussen toezichthouders

Toezichthouder of systeem sneller

Herinnering toezichthouder

In deze paragraaf worden de drie alternatieven behandeld. In hoofdstuk 8 is tevens weer een afweging gemaakt tussen de alternatieven op basis van opgestelde criteria.

7.3.1 Competitie tussen toezichthouders

Het eerste alternatief dat gebruikt kan worden om mogelijk concentratieverlies tegen te gaan is een competitie te houden tussen toezichthouders. De opzet van deze competitie is als volgt: Na een tijd, variabel tussen 5 en 45 minuten, zal er een toon luiden uit de buzzer of het polshorloge. Om verwarring te voorkomen met een mogelijke verdrinking, is deze toon geheel anders dan het alarm. Vervolgens wordt gekeken wie van de toezichthouders deze toon het eerste heeft uitgeschakeld. De computer houdt bij welke en hoe vaak een toezichthouder als eerste deze toon heeft gedeactiveerd. De toezichthouder die dit aan het einde van de week of maand, gemiddeld over het aantal uren dat gewerkt is, het vaakst heeft gedaan, wint. De winnaar kan hiervoor worden beloond.

Dit alternatief kan alleen gerealiseerd worden wanneer bij de interface is gekozen voor ofwel de buzzer, ofwel het horloge. Verder kan dit alternatief alleen gerealiseerd worden in zwembaden waar meer dan één toezichthouder tegelijk surveilleert, omdat er anders geen sprake is van een competitie.

Het doel van dit alternatief is dat toezichthouders een actieve houding blijven houden.

7.3.2 Toezichthouder of systeem sneller

De tweede optie die kan worden gebruikt om mogelijk concentratieverlies tegen te gaan, is een onderzoek om te kijken of een dreigende verdrinking eerder door de toezichthouder of eerder door het systeem wordt gezien. Dit onderzoek kan gedaan worden geheel buiten het systeem om. De toezichthouder zal indien een zwemmer dreigt te verdrinken eerst in actie komen om deze zwemmer te redden. Als alles weer veilig is zal, bijvoorbeeld in een logboek, bijgehouden worden of deze toezichthouder het gevaar eerst zelf gezien heeft, of dat het systeem eerder alarm heeft geslagen. Doel van deze optie is dat toezichthouders beter gaan opletten om zo eerder te zijn dan het systeem.

7.3.3 Herinnering toezichthouder

Het laatste alternatief dat gebruikt kan worden om mogelijk concentratieverlies bij toezichthouders tegen te gaan is de herinnering. Hierbij wordt de toezichthouder er een aantal maal per dag met een simpel geluid aan herinnerd dat opgelet moet blijven worden. Dit geluid is er om aan te geven dat het systeem een extra hulpmiddel is en geen vervanging. Het geluid zal dusdanig anders zijn in toonhoogte en geluidssterkte dat het niet met een alarm kan worden verward.

Verder hoeft de toezichthouder alleen het geluid waar te nemen en zich er vervolgens toe te zetten ook daadwerkelijk weer op te gaan letten of dat te blijven doen.

8. Afweging deelconcepten voor het algoritme en de interface

In het vorige hoofdstuk zijn er voor elk van de deelaspecten enkele alternatieven gepresenteerd. In dit hoofdstuk worden voor elk deelaspect criteria opgesteld. Met deze criteria zullen van elk aspect één of meerdere alternatieven worden gekozen. Deze zullen later in hoofdstuk 9 worden geïmplementeerd.

De keuze van de input van het algoritme en de keuze van de gebruikersinterface worden gemaakt aan de hand van uitgebreide criteriabeoordelingen. De keuze hoe het concentratieprobleem van toezichthouders wordt tegengegaan, wordt bepaald door het afwegen van de voor- en nadelen.

In dit hoofdstuk worden in elk van de paragrafen de criteria van de deelaspecten en de keuze van het alternatief gepresenteerd. De volgorde van behandeling van de aspecten is hetzelfde als in hoofdstuk 7. De aspecten zijn: de input van het algoritme, de keuze van de gebruikersinterface en het tegengaan van het concentratieprobleem. De aspecten worden respectievelijk in paragraaf 8.1, 8.2 en 8.3 behandeld.

8.1 Input van het algoritme: positiecoördinaten en hartslag

Het eerste deelaspect is de input van het algoritme. In hoofdstuk 7 kwamen drie alternatieven naar voren die een aanvulling kunnen zijn op het detecteren van verdrinking met behulp van positiebepaling. Deze alternatieven zijn: videobeelden, hartslagmeter en een drukmeter.

Om te bepalen of de alternatieven al dan niet een toegevoegde waarde voor het antiverdrinkingssysteem zijn, worden er eerst beoordelingscriteria opgesteld. Daarna is aan de hand van deze criteria een oordeel gegeven over de alternatieven. Als laatste is keuze gemaakt uit één of meerdere van deze alternatieven. Deze multicriteria-analyse is beschreven door Roozenburg N.F.M. & Eekels J.(1998). Bij elk criterium is er van uitgegaan dat de positie van zwemmer via een armbandje wordt bepaald.

8.1.1 Beoordelingscriteria voor input

De criteria, waarop de deelconcepten worden afgewogen, volgen uit het Programma van Eisen. Deze criteria zijn:

- Herkenning
- Nauwkeurigheid
- Hardwarekosten
- Dataverwerking
- Energieverbruik
- Gebruiksvriendelijkheid

Elk criterium wordt in deze subparagraaf toegelicht. In de volgende subparagraaf is de weegfactor voor ieder criterium bepaald en worden de alternatieven aan de hand van de criteria beoordeeld.

Herkenning

Het eerste criterium is herkenning van de verdrinkingskenmerken. Het is van belang dat uit de input kan worden gedetecteerd wanneer er een verdrinking gaande is. Naar mate duidelijkere en meer verdrinkingskenmerken kunnen worden gedetecteerd, is de

aanvulling op het systeem des te groter⁵. De kenmerken moeten verder in een zo vroeg mogelijk stadium worden herkend, om eventueel letsel zo veel mogelijk of te voorkomen.

Nauwkeurigheid

De gegevens die door de hardware gemeten en bepaald worden mogen niet te veel afwijken van de werkelijkheid. Hoe groter de afwijking, hoe meer kans op een vals alarm. Daarnaast is het mogelijk dat relatief grote aantallen zwemmers in zwembaden aanwezig zijn. Het is dan belangrijk dat de toegevoegde waarde van het deelconcept behouden blijft.

Hardwarekosten

Veel zwembaden hebben te maken met een beperkt budget, daarom moeten de kosten zo laag mogelijk blijven. Onder de kosten vallen de volgende onderdelen van het systeem: Alle hardware die de input genereert voor het algoritme en de rekenkracht die nodig is om de input te verwerken.

Dataverwerking

De verwerking van de data gebeurt door het centrale computersysteem. Naarmate er meer data binnenkomt, zal er meer rekenkracht nodig zijn om dit te verwerken. Hier zal een afweging gemaakt worden tussen de toegevoegde waarde van de extra data voor een betrouwbaarder systeem en de extra benodigde tijd om de informatie te verwerken.

Energieverbruik

Het energieverbruik van producten speelt hedendaags een belangrijke rol. Het is voor het milieu en voor het product zelf noodzakelijk dat het energieverbruik zo laag mogelijk blijft. Verder is het energieverbruik voor het ontwerp van belang of het alternatief gebruik maakt van netvoeding of een batterij. In het laatste geval is de benodigde capaciteit van de batterij van belang.

Gebruiksvriendelijk

Onder gebruiksvriendelijkheid valt welke extra gevolgen de inputalternatieven hebben voor de gebruikers. Indien de input gevolgen heeft voor de gebruiker waardoor het zwemmen en of spelen wordt belemmerd, is de gebruiksvriendelijkheid lager dan wanneer dit niet het geval is.

8.1.2 Beoordeling inputconcepten per criterium

Als eerste is de weegfactor van de verschillende criteria bepaald. Dit is gedaan door de criteria paarsgewijs te vergelijken. Bij ieder criterium is vergeleken of deze belangrijker is dan een ander criterium. In het geval dat dit waar is, wordt een 1 toegekend. In het geval dat dit niet waar is, wordt een 0 toegekend. Hieruit volgt een rangorde in belangrijkheid. Hoe groter de rangorde is, hoe belangrijker het criterium wordt geacht. Daarna is aan de criteria een weegfactor gegeven op basis van deze rangorde. De paarsgewijze vergelijking en de rangordes zijn te vinden in tabel 8.1.

De drie alternatieven voor het input systeem zijn in tabel 8.2 met de gestelde criteria beoordeeld. Een nadere verklaring over de beoordeling volgt na de beoordeling van de alternatieven.

⁵ Kenmerken die nog niet met behulp van positiebepaling gedetecteerd kunnen worden

Tabel 8.1: Paarsgewijs vergelijken van criteria

	Herkenning	Nauwkeurig	Hardware-kosten	Data-verwerking	Energie-verbruik	Gebruiks-vriendelijk	Rangorde
Herkenning	x	1	1	1	1	0	4
Nauwkeurig	0	x	1	1	1	0	3
Hardwarekosten	0	0	x	0	0	0	0
Dataverwerking	0	0	1	x	1	0	2
Energieverbruik	0	0	1	0	x	0	1
Gebruiks-vriendelijk	1	1	1	1	1	x	5

Toekenning van de weegfactoren

Gebruiksvriendelijk	25%
Herkenning	25%
Nauwkeurig	20%
Dataverwerking	15%
Energieverbruik	10%
Hardwarekosten	5%

Tabel 8.2: Beoordeling inputconcepten per criterium

	Videobeelden	Hartslagmeter	Drukmeter
Gebruiksvriendelijk	+	-	+
Herkenning	-	+	--
Nauwkeurig	+/-	+/-	+/-
Dataverwerking	--	+	+
Energieverbruik	-	+/-	+/-
Hardwarekosten	--	+/-	+/-

De *gebruiksvriendelijkheid* bij de hartslagmeter is laag, omdat het armbandje stevig om de arm zal moeten zitten voor een nauwkeurige meting. Bij videobeelden en de drukmeter is er geen sprake van een belemmering, waardoor de gebruiksvriendelijkheid groter is.

De *herkenning* op basis van videobeelden blijkt in praktijk nog regelmatig een vals alarm te geven, omdat er moeilijk onderscheidt tussen personen en objecten kan worden gemaakt. De overlap met verdrinkingsherkenning op basis van positiebepaling is tevens groot. Beide kunnen het verdrinkingskenmerk detecteren indien de positie van een lichaam op de bodem van het bad is en niet beweegt. Het voordeel van videobeelden is dat ook zonder armbandje het systeem de eventuele verdrinking zal detecteren.

Een hartslagmeter biedt de mogelijkheid te detecteren of een persoon in paniek is, wat een verdrinkingskenmerk is in een vroeg stadium. Met de drukmeter is te bepalen hoe diep iemand zich begeeft in het zwembad. Aangezien de positie van een zwemmer al bekend is, door de positiebepaling, is de toegevoegde waarde van de drukmeter laag. Andere verdrinkingskenmerken, zoals spartelen, kunnen ook met de positiebepaling (gedeeltelijk) worden gedetecteerd.

De *nauwkeurigheid* van videobeelden in een zwembad neemt af naarmate het drukker wordt in het zwembad, omdat de vele zwemmers in het bad voor de camera's het zicht belemmeren. Daarnaast is het voor videobeelden soms niet mogelijk onderscheid te maken tussen een persoon of object in het bad, wat kan leiden tot vals alarm. De hartslagmeter meet de hartslag elke seconde en is behoorlijk nauwkeurig. Wel kunnen er fouten optreden indien de hartslagmeter niet goed is bevestigd.

Voor videobeelden is heel veel *dataverwerking* nodig. De beelden moeten door de computer in een korte tijd worden geanalyseerd door beeldherkenningssoftware. Hartslag vergt ook meer dataverwerking, omdat de hartslag van ieder persoon afzonderlijk in de gaten gehouden dient te worden. Desondanks is de dataverwerking van de hartslagmeting van veel minder grote omvang dan die van beeldverwerking. Voor de waterdrukmeter geldt hetzelfde als voor de hartmeter.

Het *energieverbruik* van videobeelden zal groot zijn. Er kan in tegenstelling tot de hartslagmeter of drukmeter wel gebruik worden gemaakt van netvoeding. De hartslagmeter en drukmeter zullen een eigen interne voedingsbron hebben. Het energieverbruik van deze alternatieven is echter niet groot.

De *hardwarekosten* van het systeem moeten zo laag mogelijk worden gehouden om het systeem aantrekkelijk te houden voor de markt. Indien videobeelden het systeem ondersteunen, zijn de camera's en de verwerking ervan aanzienlijk kosten verhogend.

Om de hartslag van een zwemmer te kunnen meten, is er een extra meting aan de pols noodzakelijk. In het armbandje zal dus een hartslagmeter moeten worden geïntegreerd. Het gevolg is dat het armbandje meer zal gaan kosten. Ook de drukmeter zal in het armbandje geïntegreerd worden, waardoor de prijs van het bandje stijgt. De kosten van een drukmeter en een hartslagmeter zijn echter niet van grote omvang.

Nu de beoordeling van elk alternatief bekend is, kan er aan elk oordeel een waarde worden toegekend. In tabel 8.3 zijn punten aan de beoordeling gegeven. Aan de hand van deze punten zijn in tabel 8.4 de alternatieven gewogen.

Tabel 8.3: Puntentoekenning aan beoordeling

Beoordeling	Punten
++	10 punten
+	7 punten
+/-	5 punten
-	3 punten
--	0 punten

Tabel 8.4: Gewogen criteriamethoden

Criteria	Gewichts Factor	Video-beelden	Gewogen	Hartslag-meter	Gewogen	Druk-meter	Gewogen
Gebruiks-vriendelijk	25%	7	1,75	3	0,75	7	1,75
Herkenning	25%	3	0,75	7	1,75	0	0
Nauwkeurig	20%	5	1	5	1	5	1
Data-verwerking	15%	0	0	7	1,05	7	1,05
Energie-verbruik	10%	3	0,3	5	0,5	5	0,5
Hardware-kosten	5%	0	0	5	0,25	5	0,25
Totalen	100%		3,8		5,3		4,55

8.1.3 Keuze van alternatief voor input: hartslagmeting

Uit tabel 8.4 komt de hartslagmeter als beste naar voren, gevolgd door de drukmeting. Videobeelden als aanvulling op de positiebepaling, scoort een stuk lager.

Het is natuurlijk belangrijk om een betrouwbaar antiverdrinkingssysteem te ontwerpen die verdrinkingskenmerken goed kan detecteren, op dit punt komt de drukmeter te kort. Daarom is er uiteindelijk gekozen voor de hartslagmeter, omdat deze aanzienlijk hoger scoort bij herkenning.

Videobeelden is het gebruiksvriendelijkst, maar op alle andere punten scoren de hartslagmeter en de drukmeter hoger. De drukmeter scoort op vele vlakken ongeveer net zo hoog als de hartmeter, maar de herkenning van verdrinkingskenmerken is bij dit concept de bottleneck. De hartslagmeter scoort alleen laag op de gebruiksvriendelijkheid.

Conclusie: hartslagmeter

Met de keuze voor de hartslagmeter kan een betrouwbaar antiverdrinkingssysteem geïmplementeerd worden. Met de hartslag als aanvulling op de positie kan de eerste fase van een verdrinking beter worden gedetecteerd.

8.2 Gebruikersinterface: Horloge, alarmbel en LED-display

Het tweede deelaspect is de gebruikersinterface. Er moet worden gekozen welke hulpmiddelen deel uit gaan maken van de gebruikersinterface van het BlueWatch antiverdrinkingssysteem. Om deze keuze te kunnen maken wordt gebruikgemaakt van de multicriteria-analyse. Eerst zijn de beoordelingscriteria opgesteld, daarna is het gewicht van elk criterium bepaald. Ten slotte wordt dan een keuze gemaakt door te kijken welke hulpmiddelen het beste voldoen aan de gestelde criteria.

In paragraaf 7.2 zijn deze potentiële hulpmiddelen besproken. In deze paragraaf is beschreven waar uiteindelijk voor is gekozen en hoe deze keuze tot stand is gekomen.

8.2.1 Beoordelingscriteria voor de interface hulpmiddelen

De deelconcepten worden afgewogen met criteria. Deze criteria volgen uit het Programma van Eisen. In totaal zijn er zeven criteria:

- Mate van paniek
- Belemmering
- Snelheid van waarnemen
- Kosten
- Deactiveren alarm
- Flexibiliteit
- Energieverbruik

Elk criterium wordt in deze paragraaf toegelicht. In paragraaf 8.2.2 worden de weegfactoren voor ieder criterium bepaald en worden de deelconcepten afgewogen. In paragraaf 8.2.3 wordt de uiteindelijke keuze besproken.

Mate van paniek

De manier waarop alarm wordt geslagen kan in twee categorieën worden ingedeeld. In de eerste categorie wordt alleen de toezichthouder op de hoogte gesteld. In de tweede categorie wordt een alarm geslagen wat door iedereen in het zwembad is te horen. Dit zou voor paniek bij de overige zwemmers kunnen zorgen. Bij elk deelconcept wordt dus gekeken in welke mate dit tot paniek zou kunnen leiden. Hoe minder paniek er ontstaat bij het alarm slaan, hoe hoger de score voor het apparaat.

Belemmering

Als gekozen wordt voor een toestel dat de toezichthouder altijd met zich mee moet dragen, dan zou het kunnen zijn dat dit toestel de toezichthouder zal belemmeren bij een reddingsactie. Hoe minder de toezichthouder door een concept wordt belemmerd bij een reddingsactie, hoe hoger de score.

Snelheid van waarneming

Het derde criterium heeft betrekking op de snelheid waarmee een alarm door een toezichthouder kan worden verwerkt. Als een verdrinking plaatsvindt moet de toezichthouder direct kunnen zien waar iemand verdrinkt. Alle tijd die bij dit proces verloren gaat kan het blijvende letsel van een zwemmer vergroten. Hoe sneller een toezichthouder kan zien waar de verdrinking plaatsvindt, hoe hoger de score.

Kosten

Zwembaden werken vaak met een beperkt budget, daarom is het belangrijk om de deelconcepten ook af te wegen op de kosten. Hoe lager de kosten zijn, hoe hoger de score is.

Deactiveren alarm

Het systeem is ontworpen dat er zo min mogelijk valse alarmen worden afgegeven en het systeem toch betrouwbaar is. Toch kan het voorkomen dat het antiverdrinkingssysteem alarm slaat, terwijl er in werkelijkheid niets aan de hand is. In dit geval moeten de toezichthouders gemakkelijk het alarm kunnen deactiveren, zonder hiervoor naar de centrale computer van het systeem te moeten lopen.

Flexibiliteit

Het systeem zal in de toekomst verder ontwikkeld worden. Het is belangrijk dat bij verdere ontwikkeling de hulpmiddelen flexibel zijn. Er moet dus voor gezorgd worden dat zwembaden in de toekomst geen nieuwe hulpmiddelen hoeven aan te schaffen door nu te kiezen voor hulpmiddelen die flexibel zijn.

Energieverbruik

Het laatste criterium dat meeweegt bij de afweging welk hulpmiddel of welke hulpmiddelen worden gebruikt in de interface is het energieverbruik. Eerste reden om dit mee te nemen is dat minder energieverbruik ten gunste is van het milieu. Een andere, niet geheel onbelangrijke reden is dat het de energiekosten van de zwembaden beïnvloedt. Tevens is het ook ongewenst dat de batterijen snel leeg zijn tijdens gebruik. De score voor dit criterium loopt op naarmate een toestel energiezuiniger is.

8.2.2 Beoordeling interfaceconcepten per criterium

Hieronder zijn de weegfactoren van elk van de zeven criteria uit paragraaf 8.2.1 bepaald. Alle criteria zijn paarsgewijs vergeleken in tabel 8.5. Op basis van de verkregen rangordes, worden de weegfactoren aan de criteria toegekend.

Tabel 8.5: Paarsgewijs verlijken van criteria

	Mate van paniek	Belemmering	Snelheid van waarneming	Kosten	Deactiveren alarm	Flexibiliteit	Energieverbruik	Rangorde
Mate van paniek	x	0	0	1	0	1	1	3
Belemmering	1	x	1	1	1	1	1	6
Snelheid van waarneming	1	0	x	1	1	1	1	5
Kosten	0	0	0	x	0	0	1	1
Deactiveren Alarm	1	0	0	1	x	1	1	4
Flexibiliteit	0	0	0	1	0	x	1	2
Energieverbruik	0	0	0	0	0	0	x	0

Toekenning van de weegfactoren

Belemmering	25%
Snelheid van waarneming	25%
Mate van paniek	15%
Deactiveren alarm	15%
Flexibiliteit	10%
Kosten	5%
Energieverbruik	5%

In tabel 8.6 is voor elk van de apparaten uit paragraaf 7.2 bepaald in hoeverre ze aan elk criteria voldoen.

Tabel 8.6: Beoordelingstabel

	De surveillance- headset	De luidspreker- installatie	De alarmbel	Het centrale LED-display	Het polshorloge	De buzzer
Mate van Paniek	++	--	--	+/-	+	+
Belemmering	--	++	++	++	-	-
Snelheid van waarneming	+	+	++	+	+	-
Kosten	+/-	+	++	+/-	-	-
Deactiveren alarm	--	--	--	--	++	++
Flexibiliteit	+	+/-	--	++	+	+
Energieverbruik	+	-	+	--	+	+

Tabel 8.7: Puntentoekenning aan beoordeling

Beoordeling	Punten
++	10 punten
+	7 punten
+/-	5 punten
-	3 punten
--	0 punten

Tabel 8.8: Gewogen criteriamethode (deel 1)

Criteria	Gewichts-factor	Surveillance-headset	Gewogen	Luidspreker-installatie	Gewogen
Mate van Paniek	15%	10	1,5	0	0
Belemmering	25%	0	0	10	2,5
Snelheid van waarneming	25%	7	1,75	7	1,75
Kosten	5%	5	0,25	7	0,35
Deactiveren alarm	15%	0	0	0	0
Flexibiliteit	10%	7	0,7	5	0,5
Energieverbruik	5%	7	0,35	3	0,15
Totaal	100%		4,55		5,25

Veel van de beoordelingen in tabel 8.8 zijn helder. Oordelen welke minder voor de hand liggend zijn, worden hieronder nader beschouwd.

De *belemmering* bij de buzzer is hoog en wordt dus laag beoordeeld. De reden hiervoor is dat de toezichthouder op het moment dat het alarm afgaat de buzzer ter hand moet nemen. Als vervolgens is waargenomen waar in het zwembad gevaar dreigt, dient deze buzzer eerst weggedaan worden. Het wegdoen van de buzzer vergt aandacht en tijd en belemmert op dat moment dus de toezichthouder bij zijn reddingsactie.

Bij de beoordeling voor *deactiveren alarm* zijn of geen punten toegekend of tien punten. De apparaten welke de optie hebben om het alarm te deactiveren hebben tien punten gekregen, de apparaten zonder deze optie geen punten.

Tabel 8.9: Gewogen criteriamethode (deel 2)

Criteria	Gewichts-factor	Alarmbel	Gewogen	Centraal LED-display	Gewogen	Polshorloge	Gewogen	Buzzer	Gewogen
Mate van Paniek	15%	0	0	5	0,75	7	1,05	7	1,05
Belemmering	25%	10	2,5	10	2,5	3	0,75	3	0,75
Snelheid van waarneming	25%	10	2,5	7	1,75	7	1,75	3	0,75
Kosten	5%	10	0,5	5	0,25	3	0,15	3	0,15
Deactiveren alarm	15%	0	0	0	0	10	1,5	10	1,5
Flexibiliteit	10%	0	0	10	1	7	0,7	7	0,7
Energieverbruik	5%	7	0,35	0	0	7	0,35	7	0,35
Totaal	100%		5,85		6,25		6,25		5,25

8.2.3 Keuze alternatieven voor interface

In tabel 8.9 is te zien dat het horloge en het centrale LED-display als beste naar voren komen. Ook de alarmbel scoort goed. De luidsprekerinstallatie en de surveillance-headset scoren minder en de buzzer scoort het minste.

Met behulp van deze uitslag is er uiteindelijk voor gekozen om de alarmbel, het centrale LED-display en het polshorloge te gebruiken als hulpmiddelen voor de interface. Reden hiervoor is dat deze drie het hoogste hebben gescoord en dat er op deze manier toch nog enige keuzevrijheid is voor de toezichthouders of zwembaden.

In theorie zou alleen het polshorloge al voldoen. Met dit horloge kan de toezichthouder worden gealarmeerd en kan er kenbaar worden gemaakt waar de verdrinking plaatsvindt. Ook kan het alarm door het horloge worden uitgeschakeld. Bovendien is het polshorloge erg flexibel.

Als het erg druk is in het zwembad, zou het kunnen zijn dat de geluiden in het bad het alarmgeluid van het horloge overstemmen. In dat geval zou de alarmbel kunnen worden ingeschakeld. Ook zou het zo kunnen zijn dat de toezichthouders het prettiger vinden om op het centrale LED-display te kijken waar een zwemmer dreigt te verdrinken. Om deze redenen worden de alarmbel en het centrale LED-display ook gebruikt voor de gebruikersinterface. Nadeel van beide toestellen is wel dat zwemmers ook kunnen merken dat er een persoon dreigt te verdrinken, waardoor paniek zou kunnen ontstaan. Vandaar de mogelijkheid om deze twee hulpmiddelen uit te schakelen, zodat enkel met het horloge wordt gewerkt. Dit uitschakelen is eenvoudig te bewerkstelligen op de centrale computer.

Alle drie de apparaten worden dus geïnstalleerd, maar het is aan de zwembaden of toezichthouders zelf om te beslissen welke van de toestellen op welk moment zijn ingeschakeld.

Conclusie: Het horloge, LED-display en de alarmbel

Met de keuze van het horloge, LED-display en de alarmbel kan voor elke situatie in een zwembad een passende oplossing worden geboden. Hierbij blijft de effectiviteit van elk hulpmiddel behouden.

8.3 Geen oplossing concentratieprobleem toezichthouder

Het laatste deelaspect is het concentratieprobleem van toezichthouders. De drie alternatieven welke hiervoor in aanmerking komen zijn in paragraaf 7.3 beschreven. Het ging hierbij om: een competitie onder toezichthouders, systeem of toezichthouder sneller en de herinnering voor de toezichthouder. In deze paragraaf is in tegenstelling tot de vorige twee deelaspecten bij de afweging geen gebruik gemaakt van de multicriteria-analyse, maar zijn van elk concept de voor- en nadelen beschreven.

In tabel 8.10 zijn de meest kenmerkende voor- en nadelen opgenomen.

Tabel 8.10: Voor- en nadelen alternatieven

	Competitie	Toezichthouder of systeem sneller	Herinnering toezichthouder
Voordelen	Houding van toezichthouder gaat van passief naar actief. Zorgt voor extra oplettendheid	Toezichthouder wil eerder dan het systeem zijn en gaat daarom beter en actief opletten. Kan ook gebruikt worden als er maar één toezichthouder surveilleert rondom het bad.	Toezichthouder gaat regelmatig bij zichzelf na of de concentratie nog wel voldoende is. Kan ook gebruikt worden als er maar één toezichthouder surveilleert rondom het bad.
Nadelen	Gevaar dat toezichthouders het systeem overbodig en/of kinderachtig gaan vinden, en daarom niet meer actief meedoen met de competitie. Hierdoor verdwijnt de werking ervan.	Risico dat toezichthouder het systeem onnodig gaat vinden. Hierdoor gaat de werking ervan teniet. Toezichthouder moet op zijn woord vertrouwd worden.	Gevaar dat de toezichthouder zich gaat ergeren aan de herinnering. Dit zou averechts kunnen werken.

Uit tabel 8.10 komt naar voren dat bij ieder alternatief geldt dat het enkel concentratieverhogend kan werken als de toezichthouder ook daadwerkelijk in het concept geloven. Dit is echter onwaarschijnlijk. Vermoedelijk zal het overgrote gedeelte van de toezichthouders bovenstaande concepten bestempelen als overbodig of zelfs kinderachtig. Met dit argument is besloten om geen van de drie alternatieven in het systeem te implementeren.

Mocht een zwembad één van deze oplossingen in het systeem geïntegreerd willen hebben, kan dit op aanvraag toch geïmplementeerd worden.

Conclusie: Geen oplossing voor het concentratieprobleem

Er is gekozen om geen van de alternatieven in het systeem te integreren. De reden hiervoor is dat de oplossingen simpelweg niet effectief genoeg zijn. Sommige alternatieven zouden zelfs een averechts effect kunnen hebben.

Deel 3: Implementatie

9. Implementatie van het algoritme en de interface

De hartslagmeting kwam in hoofdstuk 8 als beste naar voren als aanvulling op de positiebepaling. Voor de interface kwam een combinatie van alarmbel, LED-display en polshorloge als beste naar voren. Deze uitkomsten zullen vervolgens worden geïmplementeerd.

In dit hoofdstuk wordt de realisatie van het verdrinkingsdetectie-algoritme en de interface gepresenteerd.

In paragraaf 9.1 wordt de realisatie van het algoritme besproken, waar respectievelijk 'een algoritme op basis van positie' en 'een algoritme op basis van positie en hartslag' worden gepresenteerd.

In paragraaf 9.2 wordt de realisatie van de interface besproken. Hierin komt een totaalbeeld van de interface naar voren. Tevens is de opbouw van de 'Graphical User Interface' (GUI) weergegeven.

9.1 Realisatie van het algoritme in Matlab

In deze paragraaf wordt ingegaan op de realisatie van het verdrinkingsdetectie-algoritme. De realisatie is opgedeeld in twee algoritmes, op basis van:

- Positiebepaling
- Positiebepaling en hartslagmeting

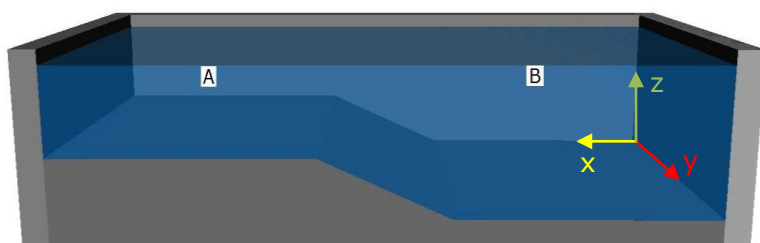
Allereerst is een realisatie gemaakt op basis van alleen positiebepaling. Als tweede is bij de positiebepaling een hartslagmeting betrokken om zodoende sneller en betrouwbaarder verdrinkingskenmerken te kunnen detecteren. In beide delen is gebruik gemaakt van MATLAB R2007b.

9.1.1 Modelzwembad, informatiedoorvoer en positiedatabase

Voordat wordt ingegaan op de informatiedoorvoer tussen de positiebepaling en het verdrinkingsdetectie-algoritme, wordt eerst gekeken naar een modelzwembad.

Het modelzwembad

Het algoritme is gebaseerd op een modelzwembad, weergegeven in figuur 9.1. De kenmerken van het model zijn naast het figuur weergegeven.



Kenmerken van het model:

Lengte:	2500 cm
Breedte:	1250 cm
Diepte deel A:	100 cm
Diepte deel B:	300 cm

Figuur 9.1: Model van een zwembad met assenstelsel (zijaanzicht)

De oorsprong van het assenstelsel, weergegeven in figuur 9.1, fungeert tevens als het gekozen referentiepunt voor de coördinaten. Het referentiepunt zit op het diepste gedeelte van het bad, waardoor er geen rekening gehouden hoeft te worden met hoogteverschillen in het zwembad en er geen negatieve getallen kunnen ontstaan in de x-, y- of z-richting.

Het referentiepunt had ook aan het wateroppervlak gekozen kunnen worden, met de z-richting naar beneden. Beide leveren hetzelfde resultaat op en tevens kunnen beide

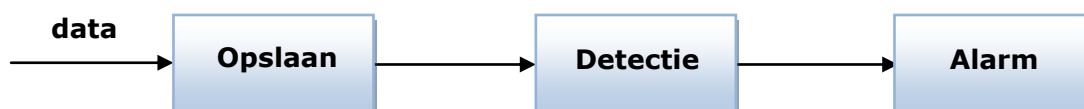
worden toegepast in zwembaden met een andere indeling. De laatste optie voldoet aan de conventionele tekenregels.

Informatiedoorvoer

Voor de implementatie is het van belang dat de positiebepaling en het verdrinkingsdetectie-algoritme op elkaar aansluiten, zodat er een volledig antiverdrinkingssysteem ontstaat. Dit is als blokschema in figuur 9.2 weergegeven. In figuur 9.3 is ingezoomd op het verdrinkingsdetectie-algoritme. Dit houdt respectievelijk in dat: de binnenkomende data wordt opgeslagen, er een detectie op verdrinkingskenmerken plaatsvindt, waarna er al dan niet alarm wordt geslagen.



Figuur 9.2: Blokschema antiverdrinkingssysteem (zonder interface)



Figuur 9.3: Blokschema verdrinkingsdetectie-algoritme

De data voor het verdrinkingsdetectie-algoritme wordt 'aangereikt' door de positiebepaling, zoals in figuur 9.2 is te zien. De data bestaat uit positiecoördinaten en een identificatie van het zendertje, die aan elkaar gekoppeld zijn. Verder komt de data van elk zendertje iedere seconde opnieuw binnen.

De identificatie van ieder zendertje kenmerkt zich door verschillende getallen aan de zendertjes toe te kennen. Dit is geïllustreerd in de eerste kolom in tabel 9.1. In dit voorbeeld zijn in totaal drie verschillende zendertjes actief.

De coördinaten worden door de positiebepaling bepaald ten opzichte van een referentiepunt. Het gekozen referentiepunt in het eerder besproken model, is de oorsprong van het assenstelsel. De te ontvangen coördinaten bestaan uit drie coördinaten: x,y en z, welke in figuur 9.1 terug te vinden zijn. In tabel 9.1 zijn in de drie rijen de posities weergegeven van de zendertjes. De posities zijn in centimeters.

Tabel 9.1: Structuur van de dataontvangst

Zender (nr)	x-positie (cm)	y-positie (cm)	z-positie (cm)
1	1500	1100	150
2	400	600	50
3	1100	400	260

De positie van een zwemmer kan niet altijd worden bepaald. In totaal zijn er drie situaties te onderscheiden met betrekking tot de positiebepaling:

1. Het signaal van een zender wordt door genoeg sensoren ontvangen. In dit geval wordt de boven beschreven data doorgegeven.
2. Het signaal in het bad van een zender is wel waargenomen, maar de positie kon niet bepaald worden. Dit kan voorkomen bij extreme drukte of bij teveel reflectie van de signalen. De coördinaten x,y en z behouden dan de vorige waarde, waardoor de positie hetzelfde blijft.
3. Het signaal van een zender wordt niet waargenomen door de sensoren. De zwemmer is niet in het bad of wordt niet waargenomen. De coördinaten x,y en z

van de desbetreffende zwemmer worden op dat moment op -1 gezet. Dit is in tabel 9.2 weergegeven voor één zwemmer.

Er is gekozen om in situatie twee de waarde van de laatst bekende positie aan te nemen. Een tweede mogelijkheid was om de positie van voorgaande bepalingen te analyseren en hieruit te voorspellen waar de zwemmer zich bevindt. Dit geeft echter veel extra 'rekenwerk' wat niet opweegt tegen het resultaat van de voorspelling. Het resultaat kan namelijk veel afwijken van de werkelijke positie. Zeker als er meerdere seconden lang geen positie kan worden bepaald. Daarom is uiteindelijk gekozen om de positie van de laatst bekende meting aan te nemen.

In situatie drie is gekozen om de positie een waarde van '-1' te geven, zodat dit makkelijk kan worden onderscheiden van positieve waarden door middel van een simpele check.

Tabel 9.2: Signaal wel waargenomen, maar positie kan niet bepaald worden

Tijd (s)	Zender	x-positie (cm)	y-positie (cm)	z-positie (cm)
1	1	1450	1100	150
2	1	-1	-1	-1
3	1	-1	-1	-1
4	1	1600	1000	150

Positiedatabase

In de positiedatabase worden elke seconde de positiecoördinaten van de zwemmer opgeslagen. Deze database bestaat uit een array met daarin voor elke zwemmer de posities. Deze posities worden voor elke zwemmer weer opgeslagen in een matrix. De positiedatabase bevat dus voor elke zwemmer een aparte matrix.

Voor het aanmaken van een positiedatabase, kan gebruik worden gemaakt van een *cell array* of een *struct array*.

Om een keuze te kunnen maken uit deze twee arrays moet worden gekeken naar de eisen die aan de arrays worden gesteld. Allereerst moeten de arrays, matrices van verschillende groottes kunnen bevatten. Ten tweede moeten de matrices rij voor rij kunnen worden benaderd. Ten derde moeten aan de matrices rijen kunnen worden toegevoegd. Ten vierde moeten uit de matrices rijen kunnen worden verwijderd. Als laatste moeten de *cell array* en *struct array* te benaderen zijn in een for-loop.

Zowel de *cell array* als de *struct array* voldoen aan de eerste vier gestelde eisen. De *struct array* voldoet niet aan de laatste eis: het is niet mogelijk om in een for-loop de verschillende matrices te benaderen. Er wordt dus gekozen voor een *cell array*.

Met behulp van een *cell array*, kan voor iedere zwemmer apart een positiedatabase bijgehouden worden. Verder is het noodzakelijk dat 'verouderde' data wordt verwijderd, zodat de computer niet overbelast raakt. Hieronder is de code weergegeven:

```
for n = 1:N
    history{data(n,1),1} = [history{data(n,1),1}; data(n,2:5)];
    if (size(history{data(n,1),1},1) > timeHistory)
        history{data(n,1),1}(1,:) = [];
    end
end
```

Deze code vult een *cell array* met coördinaten voor verschillende zwemmers. Elke cel bevat de posities van één zwemmer.

- *history*: hierin worden alle positiecoördinaten van de zwemmers opgeslagen.
- *N*: het totale aantal zwemmers dat het systeem kan verwerken.
- *n*: identificatie van het zendertje, gebaseerd op een nummer.
- *timeHistory*: geeft aan hoe lang de geschiedenis bewaard wordt.
- *Data*: de nieuwste coördinaten die in *history* verwerkt moeten worden.

9.1.2 Algoritme op basis van positiebepaling

Nu bekend is op welke manier de data binnenkomt, kan er gekeken worden naar de implementatie van verdrinkingskenmerken op basis van positiebepaling. De verdrinkingskenmerken zijn terug te vinden in Hoofdstuk 3. Voor de detectie is gebruikt gemaakt van de eerder genoemde verdrinkingskenmerken:

- Een zwemmer bevindt zich een langere tijd onder water;
- Een zwemmer begint te spartelen.

Een zwemmer bevindt zich een langere tijd onder water

Een belangrijk kenmerk van verdrinking is een zwemmer die lang onder water is. Het kenmerk onderscheidt zich, van het 'gewoon' onder water zwemmen, doordat in tegenstelling tot het zwemmen er op vrijwel één plek wordt gebleven. De x- en y-positie blijven dus in het algemeen hetzelfde, alleen de z-positie kan verschillen.

Om te kunnen detecteren of een zwemmer lang onder water is, wordt er gebruik gemaakt van de positiedatabase. Uit de positiedatabase wordt bepaald of een persoon lang onderwater blijft en of er zijwaarts gerichte verplaatsingen hebben plaatsgevonden.

Het algoritme dient alarm te slaan, als er een combinatie is van de volgende aspecten:

- De zwemmer een bepaalde afstand onder het wateroppervlak is (er wordt uitgegaan van een armlengte van ongeveer 60cm). (*surfaceThreshold*)⁶
- De zwemmer langer dan een bepaalde tijd onder water is. (*downtimeThreshold*)
- Er geen plaatsverandering waargenomen is van meer een bepaalde afstand in de x- of y-richting. (*sidemoveThreshold*)

De implementatie is als volgt. Allereerst wordt voor iedere zwemmer bepaald of er voor een bepaalde tijd (*downtimeThreshold*) onder een bepaalde drempelwaarde (*surfaceThreshold*) in het water wordt verbleven. Als dit het geval is wordt er gekeken of er zijwaartse bewegingen zijn geweest. Als de zwemmer binnen een bepaalde afstand (*sidemoveThreshold*) is gebleven, wordt er een alarm geslagen. Als dit niet het geval is wordt er geen alarm geslagen. De maximale afwijking in de zijwaartse bewegingen wordt berekend aan de hand van de maximale en de minimale waarden van x- en y-coördinaten.

De implementatie in Matlab is te vinden in bijlage 4.

Spartelen

Spartelen is een belangrijk kenmerk van verdrinking. Het spartelen vindt binnen het verdrinkingsproces in een vroeg stadium plaats. Desondanks is het in praktijk lastig om goed onderscheidt te maken tussen spartelen en het zwemmen of spelen in het water. Indien 'spartelen' van een zwemmer wordt gedetecteerd, is er dus niet per definitie sprake van een verdrinking gaande. Wel kan dit kenmerk in combinatie met ander kenmerken worden gebruikt.

De detectie van het spartelen van een zwemmer gebeurt ook aan de hand van de positiedatabase, waar de meest recente posities in zijn opgeslagen. Indien een zwemmer zijn arm boven het wateroppervlakte houdt, worden alle positiecoördinaten doorgegeven als '-1'. Indien de arm weer onder het water oppervlakte komt, is er weer sprake van een positiebepaling en komen er weer coördinaten binnen. Een voorbeeld van een armbeweging boven en onder het wateroppervlakte is te vinden in tabel 9.2.

Het verdrinkingsdetectie-algoritme dient het spartelen te detecteren. Een zwemmer is aan het spartelen indien het volgende is geconstateerd:

- De zwemmer zich aan het wateroppervlakte begeeft, waarbij niet onder een drempelwaarde wordt gekomen. (*flounderSurfaceThreshold*)
- Er regelmatig geen positie kan worden bepaald. (*lowerPercAboveThreshold* & *higherPercAboveThreshold*)

⁶ (*surfaceThreshold*) geeft de variabelennaam aan, die in de Matlab code gebruikt wordt.

- Er geen zijwaartse verplaatsingen plaatsvinden groter dan een vastgestelde drempelwaarde. (*sideSurfaceThreshold*)
- Alle bovengenoemde punten gedurende een bepaalde tijd aanhouden. (*flounderTime*)

De implementatie van het spartelen is als volgt. Bij het spartelen beweegt elke arm met ongeveer één Hertz. Dit betekent dat elke arm ongeveer een halve seconde in het water is en een halve seconde uit het water is. De positie zal dus in ongeveer de helft van de metingen niet kunnen worden bepaald (omdat het polsbandje zich niet in het water begeeft).

Daarom wordt allereerst voor iedere zwemmer bepaald of de arm zich frequent uit het water bevindt. Om onderscheid te maken tussen heel langzaam met de armen bewegen en het spartelen van een persoon en hele snelle bewegingen, worden drempelwaardes gebruikt, uitgedrukt in percentages (*lowerPercAboveThreshold* & *higherPercAboveThreshold*).

Indien het aantal armbewegingen binnen deze percentages valt wordt gekeken of de zwemmer zich niet onder een bepaalde drempelwaarde (*flounderSurfaceThreshold*) heeft bevonden.

Als ook hieraan wordt voldaan, wordt bepaald of er geen zijwaartse bewegingen zijn geweest. De maximale afwijking in de zijwaartse bewegingen wordt ook hier berekend aan de hand van de maximale en de minimale waarden van x- en y-coördinaten. Als aan deze voorwaarden voor een bepaalde tijd (*flounderTime*) wordt voldaan, wordt er een alarm afgegeven.

De implementatie in Matlab is te vinden in bijlage 4.

9.1.3 Algoritme op basis van positiebepaling en hartslagmeting

In het voorgaande deel is de detectie met behulp van positiebepaling behandeld. Een algoritme op basis van hartslagmeting, kan op meerdere manieren als aanvulling dienen op het verdrinkingsdetectie-algoritme. Ten eerste kan met een hartslagmeting een hartstilstand worden gedetecteerd. Als tweede kan het, in combinatie met spartelen, functioneren om een verdrinking te detecteren.

Het algoritme op basis van positiebepaling verandert niet en zal niet opnieuw worden besproken.

Bij een hartstilstand is er geen hartslag meer te meten. Indien er gedurende een bepaalde tijd (*heartStopTime*) een hartslag gemeten is onder een drempelwaarde (*heartStopThreshold*), volgt er een alarm signaal om de toezichthouders te alarmeren, zodat de zwemmer kan worden gered.

Kanttekening die hierbij moet worden geplaatst is dat op het moment dat het armbandje niet goed om de arm zit, er geen goede hartslagmeting kan plaatsvinden. Dit zou er toe kunnen leiden dat de hartslag van de zwemmer nul is. Dit leidt weer tot een vals alarm.

De implementatie is als volgt. Voor iedere zwemmer wordt bepaald of gedurende een bepaalde tijd (*heartStopTime*) een hartslag is gemeten onder een bepaalde drempelwaarde (*heartStopThreshold*). Als hieraan wordt voldaan zal een alarm worden afgegeven.

Een hartslagmeting in combinatie met het spartelen van een zwemmer, is een andere mogelijkheid. Verwacht wordt onderscheid te kunnen maken tussen het spartelen en het spelen of zwemmen, door een combinatie van de hartslag en het feit dat een persoon bij het spartelen zich nauwelijks verplaatst. Indien de hartslag van een zwemmer gedurende een aantal seconden (*panicTime*) boven een drempelwaarde ligt (*panicHeartRateThreshold*) en er gelijktijdig sprake is van spartelen, wordt er een alarmsignaal afgegeven.

De implementatie is als volgt. Voor iedere zwemmer wordt bepaald of er gedurende een bepaalde tijd (*panicTime*) een hartslag boven een bepaalde drempelwaarde (*panicHeartRateThreshold*) wordt gemeten.

Probleem hierbij is dat bij het spartelen het armbandje regelmatig uit het water zal zijn waardoor er geen positie en hartslag kan worden doorgegeven. Zoals eerder aangegeven zal dan aan de positie en de hartslag een '-1' waarde worden toegekend. Uit metingen blijkt dat elke arm bij slaande bewegingen bij spartelen een frequentie van ongeveer 1Hz heeft. Dat betekent dat elke arm ongeveer een halve seconde in het water is en vervolgens weer ongeveer een halve seconde uit het water. Dus als gedurende de *panicTime* in ongeveer de helft (*percent*) van de gevallen geen positie kan worden bepaald, is er sprake van verdrinking.

Het algoritme in Matlab van de hartslagmetingen, is terug te vinden in bijlage 4.

9.2 Realisatie van de interface in Matlab

De interface legt de verbinding tussen enerzijds de gebruiker en anderzijds het antiverdrinkingssysteem. Deze paragraaf gaat in op de realisatie van de interface met behulp van een GUI in Matlab. Ook wordt er een totaalbeeld van de interface geschetst.

De realisatie vindt op twee manieren plaats. Allereerst is er van de interface een totaal beeld geschetst in een zwembad. Als laatst is het display van de centrale computer geïmplementeerd in Matlab.

Totaalbeeld interface

De gekozen interface bestaat uit: Een polshorloge, een centrale led display en een alarmbel. In figuur 9.4 is een totaalbeeld van de interface geschetst. Hierin zijn alle drie de concepten in verwerkt.

In figuur 9.4 zijn rondom het bad alarmbellen (1) geplaatst die aangaan bij een verdrinking. De toezichthouders hebben een polshorloge (2) om waarop aangegeven kan worden, dat er alarm is en waar de verdrinking plaatsvindt in het bad. Het led display (3) is op een centrale plek opgehangen, zodat de snelheid van waarneming hoog is en er adequaat gehandeld kan worden. De centrale computer (4) bepaalt of er een verdrinking gaande is en stuurt zonodig de interface aan.

Per zwembad dient geanalyseerd te worden wat de toegevoegde waarde is van deze combinatie van concepten. Zo kan bij een relatief klein zwembad ook de alarmbel en/of led display weggelaten worden.

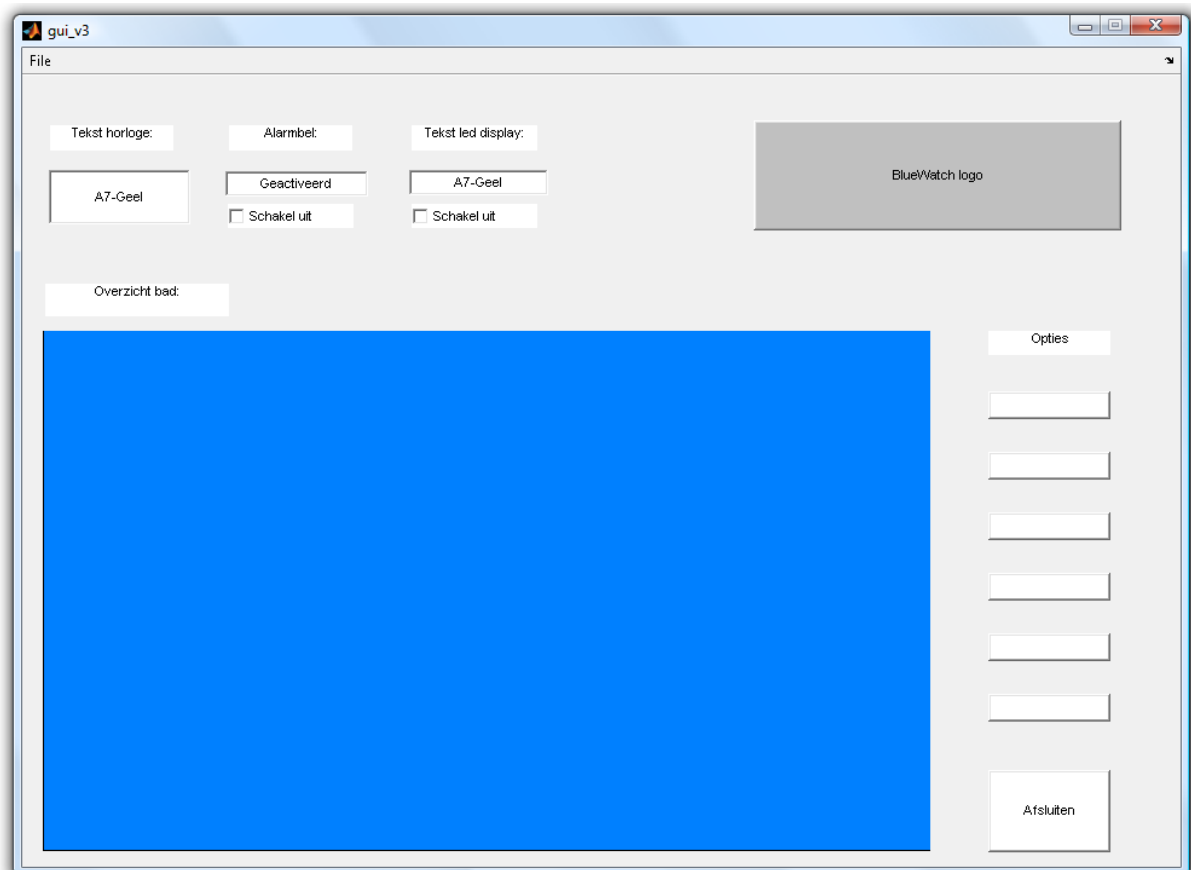


Figuur 9.4: Totaalbeeld van de interface

Graphical User Interface

De toezichthouders stellen het antiverdrinkingssysteem in op de centrale computer. Op deze computer kunnen verschillende instellingen gedaan worden met betrekking tot de interface of het detecteren van verdrinkingen. De instellingen dienen zo gebruiksvriendelijk mogelijk en op een simpele wijze te gebeuren. In figuur 9.5 is het display te zien, waarin de volgende opties naar voren komen:

- *Selectie van het bad:* Indien er meerder baden aanwezig zijn in een zwembad er geswitched worden tussen deze baden. Ook kunnen de verschillende baden op één scherm gezet worden.
- *Overzicht bad:* Het overzicht van het bad is opgedeeld in rasters, waarbij elk van deze raster een coördinaat voorstelt. In het overzicht van het bad, wordt door middel van een stip aangegeven waar zich een verdrinking afspeelt.
- *Alarm aan en uit schakelen:* De alarmbellen in rondom het bad zijn op deze manier aan of uit te schakelen.
- *Leddisplay aan en uit schakelen:* Het led display is op deze manier aan of uit te schakelen.



Figuur 9.5: GUI van interface centrale computer

10. Evaluatie van de implementatie

Nu de implementatie van het verdrinkingsdetectie-algoritme en de interface is afgerond, kan het worden geëvalueerd. De implementatie is op verschillende wijzen getoetst. Bij elke zogenaamde evaluatieronde is op een andere wijze de implementatie geëvalueerd. Er hebben in totaal twee evaluatieronden plaatsgevonden.

De eerste evaluatieronde vond plaats tijdens het realiseren van de implementatie. Kleine stukjes programmacode werden getest. Vervolgens werden deze stukjes samengevoegd tot een geheel waarna ook het geheel werd getest.

In de tweede evaluatieronde zijn situaties gesimuleerd die in een zwembad voor kunnen komen. Er werd gekeken hoe het verdrinkingsdetectie-algoritme hier op reageerde. In de tweede evaluatieronde is alleen het algoritme met positiebepaling en hartslaginformatie geëvalueerd.

De interface is geëvalueerd aan de hand van het Programma van Eisen beschreven in hoofdstuk 6. De nadruk van de implementatie ligt niet op de interface, daarom is er voor de interface maar één evaluatieronde gehouden.

Dit hoofdstuk is ingedeeld in drie paragrafen. In de eerste paragraaf wordt de eerste evaluatieronde van het verdrinkingsdetectie-algoritme beschreven. In de tweede paragraaf wordt de tweede ronde beschreven. Paragraaf 10.3 bevat de evaluatie van de interface. In bijlagen 5,6 en 7 zijn de evaluaties bijgesloten.

10.1 Evaluatieronde 1: Deelevaluatie van het verdrinkingsdetectie-algoritme

Het verdrinkingsdetectie-algoritme bestaat uit meerdere delen. Na de implementatie van ieder deel is deze geëvalueerd. Op deze manier konden al heel snel kleine (type)foutjes worden verbeterd.

In deze paragraaf wordt voor elk deel van het verdrinkingsdetectie-algoritme de eerste evaluatieronde beschreven.

Detectie op basis van tijd, positie onder water en bewegingen

Het eerste deel van het verdrinkingsdetectie-algoritme analyseert de positie van de zwemmer op bewegingen onder het wateroppervlak. Als een zwemmer langer dan de drempelwaarde onder het wateroppervlak is, en er geen sprake is van een verplaatsing in zijwaartse richtingen, wordt er een alarm afgegeven. Dit deel is op twee wijzen geëvalueerd. Beide simulaties werden op dezelfde tijdbasis uitgevoerd.

In de eerste evaluatie is er een zwemmer die zich langer dan de minimale tijd, zonder zijwaartse bewegingen en meer dan 50cm onder het wateroppervlak bevond, gesimuleerd. Hiermee werd gepoogd een verdrinkende zwemmer die langzaam naar de bodem zakt te detecteren.

In de tweede evaluatie is een zwemmer gesimuleerd die zich boven de 50cm grens onder het wateroppervlak bevond.

De uitkomsten van de simulaties waren zoals ze moeten zijn. In de eerste situatie werd een alarm afgegeven. In de tweede simulatie werd geen alarm afgegeven.

Detectie van spartelende bewegingen

Het tweede deel van het verdrinkingsdetectie-algoritme analyseert de positie van de zwemmer op spartelende bewegingen. Spartelen komt voor in de eerste fasen van verdrinking. Tijdens de evaluatie van dit deel zijn spartelende- en zwembewegingen gesimuleerd. Beide simulaties zijn op dezelfde tijdbasis uitgevoerd.

Een probleem bij het detecteren van spartelen is dat deze bewegingen kunnen lijken op zwembewegingen. Het systeem kan twee keer per seconde de positie bepalen. Met behulp van de evaluatie wordt bepaald of spartelende bewegingen van zwembewegingen kunnen worden onderscheiden.

Een ander probleem is dat bij spartelen en bij zwembewegingen het armbandje regelmatig boven het wateroppervlak zal zijn. Hierdoor kan de positie van de zwemmer niet worden bepaald. Deze eigenschap zal in de evaluatie worden gesimuleerd.

Ook hier is de uitkomst van de simulatie zoals deze behoort te zijn. Er wordt een alarm afgegeven na een bepaalde tijd van spartelen. Er wordt geen alarm afgegeven bij normale zwembewegingen. Er kan dus geconcludeerd worden dat zwembewegingen van spartelbewegingen kunnen worden onderscheiden.

Detectie van verhoogde hartslag

Het derde deel van het verdrinkingsdetectie-algoritme analyseert de hartslag van de zwemmers. Vlak voor of tijdens een verdrinking is sprake van paniek. Dit brengt een hoge hartslag met zich mee.

In deze evaluatie is een zwemmer geëvalueerd die plotseling een hoge hartslag krijgt. Een tweede zwemmer is geëvalueerd die door zware inspanning een hoge hartslag krijgt.

De uitkomst van deze evaluatie is als volgt: Als een zwemmer een plotseling hoge hartslag krijgt door een paniekaanval bij een verdrinking wordt dit gedetecteerd. Ook wordt een zware inspanning met een hoge hartslag van een zwemmer gedetecteerd. In beide gevallen wordt dus een alarm afgegeven, wat dus veel valse alarmen zal gaan geven.

Dit is opgelost door de detectie van spartelende bewegingen en de detectie van een verhoogde hartslag aan elkaar te koppelen. Op het moment dat er spartelende bewegingen worden gedetecteerd en er wordt een verhoogde hartslag gedetecteerd zal dit tot een alarm leiden. Op deze wijze kunnen de eerste verdrinkingskenmerken gedetecteerd worden.

Detectie van hartstilstand

Het laatste deel van de eerste evaluatieronde is de detectie van hartstilstanden. Dit is de simpelste evaluatie van deze ronde. Er wordt simpelweg een hartstilstand bij een zwemmer gesimuleerd.

De uitkomst van deze evaluatie is even kort als de evaluatie zelf. Op het moment dat de hartslag onder de vooraf bepaalde drempel komt, wordt er een alarm afgegeven.

10.2 Evaluatieronde 2: Simuleren van zwembadsituaties

De tweede evaluatieronde richt zich op situaties die zich af kunnen spelen in het zwembad. De situaties worden beschreven en vervolgens gesimuleerd.

In deze paragraaf worden in totaal drie verschillende situaties gesimuleerd, die elk weer eigen deelsituaties hebben. De uitkomsten worden bij iedere situatie vermeld. De verschillende situaties in Matlab zijn in bijlagen 5,6 en 7 bijgesloten.

Er wordt nog steeds van het, in hoofdstuk 9 beschreven, modelzwembad gebruik gemaakt. De instellingen voor aanvang van de twee evaluatieronde zijn als volgt:

- `timeHistory = 25;`
- `drowntimeThreshold = 10;`
- `surfaceThreshold = 250;`
- `sidemoveThreshold = 100;`

- flounderTime = 20;
- flounderSurfaceThreshold = 75;
- sideSurfaceThreshold = 100;
- lowerPercAboveThreshold = 0.25;
- higherPercAboveThreshold = 0.75;
- panicTime = 10;
- panicHeartRateThreshold = 130;
- percent = 0.4;
- heartStopTime = 5;
- heartStopThreshold = 30;

Situatie 1: Spelende kinderen in het zwembad

De eerste situatie is het spelen van kinderen in een zwembad. Hierbij kan het zo zijn dat alle kinderen bij elkaar in de buurt zijn in het zwembad, of juist uit elkaar. Er kan veel worden gezwommen, maar ook stil op één plek kan voorkomen. Veelvuldig uit het zwembad klimmen en er weer inspringen zal veel voorkomen. Tijdens het spelen kan de hartslag flink omhoog gaan. Deze situatie is in twee delen opgesplitst, zodat er zo specifiek mogelijk geëvalueerd kan worden.

Het eerste deel beslaat het gedeelte waar na veel inspanning ergens in het water wordt verbleven. Het tweede gedeelte beslaat het vele in het water springen en eruit klimmen.

Beide gevallen worden getest met een hoge hartslag, maar ook zonder een hoge hartslag. Deze situatie wordt dus in totaal vier keer gesimuleerd.

De uitkomst van de evaluatie van situatie 1, is weergegeven in tabel 10.1. Alleen de situatie waarin er veel in het bad wordt gesprongen en er weer snel wordt uitgeklimmen, waarbij een hoge hartslag aanwezig is, geeft een vals alarm.

De oorzaak van dit valse alarm ligt in het feit dat deze situatie veel op spartelen lijkt. Dit kan worden opgelost door naar de frequentie van het fenomeen te kijken. Spartelen heeft een (veel) hogere frequentie dan snel in en uit het water klimmen. Dit is een aandachtspunt voor de verdere ontwikkeling van het algoritme.

Tabel 10.1: Evaluatie 1: Spelende kinderen in het zwembad

	Hartslag laag	Hartslag hoog
Na inspanning in water rusten	✓	✓
In en uit het water klimmen	✓	X

Situatie 2: De zwemmer die uitrust op de kant

De tweede situatie beschrijft een zwemmer die een aantal baantjes getrokken heeft en vervolgens besluit om even op de kant uit te rusten. De situatie wordt gesimuleerd met een lage en een hoge hartslag.

Deze situatie is 'omgekeerd' aan de situatie waarbij de zwemmer onder de douche komt en nog niet in het zwembad is geweest. Door één van beide situaties te testen wordt de andere automatisch ook getest.

Eerst wordt een zwemmer gesimuleerd die pas een aantal seconden uitrust. Daarna wordt een zwemmer gesimuleerd die al meer dan tien seconden aan het uitrusten is.

De uitkomst van de tweede situatie is weergegeven in tabel 10.2. Het valt op dat er geen alarm wordt geslagen vlak nadat de zwemmer op de kant is gaan zitten. Pas na ongeveer tien seconden wordt voor het eerst een (vals) alarm geslagen. Dit komt doordat dit voor het algoritme 'lijkt' op spartelen.

Deze valse alarmen zijn opgelost door een kleine analyse uit te voeren op de laatste tien verkregen coördinaten. Als er in tien seconden tijd geen enkele positie kan worden bepaald kan er vanuit worden gegaan dat de zwemmer zich niet in het water bevindt. Hiermee worden dus de valse alarmen voorkomen. De hartslag heeft geen invloed op deze situatie.

Tabel 10.2: Evaluatie 2: De zwemmer rust uit op de kant

	Hartslag laag	Hartslag hoog
Zwemmer rust uit op de kant (kort)	✓	✓
Zwemmer rust uit op de kant (lang)	X	X

Situatie 3: De verschillende zwemslagen

De derde situatie gaat in op de verschillende zwemtechnieken of zwemslagen. De volgende twee categorieën zijn te onderscheiden: enerzijds schoolslag en anderzijds borstslag, rugslag en vlinderslag.

Bij zwemslag zal over het algemeen de positie altijd bepaald kunnen worden. Bij borstslag, rugslag of vlinderslag zal de positie niet altijd bepaald kunnen worden, omdat de arm zich regelmatig boven het wateroppervlak bevindt.

Er wordt gesimuleerd met lage en hoge hartslag. In totaal worden dus vier simulaties uitgevoerd.

De uitkomst van de derde situatie is in tabel 10.3 te zien. In geen van de gevallen werd een (vals) alarm gegeven. Er kan geconcludeerd worden dat het algoritme geen valse alarmen zal geven bij verschillende zwemtechnieken.

Tabel 10.3: Evaluatie 3: Verschillende zwemslagen

	Hartslag laag	Hartslag hoog
Zwemslag	✓	✓
Borstslag, rugslag of vlinderslag	✓	✓

11. Conclusies en aanbevelingen

Het doel van dit rapport is het presenteren van een verdrinkingsdetectie-algoritme en een interface voor het BlueWatch antiverdrinkingssysteem. Hierbij is vooral ingegaan op de genomen ontwerpstappen.

Het rapport werd opgedeeld in drie delen: de achtergrondstudies, de ontwerpfase en de implementatiefase. Op de drie fasen kan nu in zijn geheel worden teruggekeken.

In dit hoofdstuk komen de conclusies en de aanbevelingen aanbod. Allereerst zullen de conclusies worden beschreven. Hierin worden vooral de gekozen ontwerpen en de implementatie besproken. Als laatste worden er aanbevelingen gedaan voor verdere ontwikkeling van het antiverdrinkingssysteem.

11.1 Conclusies

Conclusies over de achtergrondstudies en de ontwerpfase

In de achtergrondstudies kwam naar voren dat met een verdrinkingsdetectie-algoritme op basis van alleen positiebepaling alleen de kenmerken spartelen en zinken naar de bodem van het slachtoffer kan worden gedetecteerd. Uit metingen volgt verder dat voor het detecteren van spartelen een samplefrequentie van minimaal 2 Hertz nodig is.

Spartelen blijkt in praktijk moeilijk van bijvoorbeeld het spetteren van water te onderscheiden. Daarom is in de ontwerpfase gekeken naar aanvulling op de positiebepaling. De mogelijkheden hierin waren: gebruikmaken van videobeelden, de hartslagmeter en de waterdrukmeter.

Deze drie alternatieven zijn op een aantal criteria afgewogen waaronder: het kunnen detecteren van verdrinkingskenmerken, de hoeveelheid dataverwerking, de kosten en de gebruiksvriendelijkheid. Hierin kwam naar voren dat de hartslagmeter het minst gebruiksvriendelijk is, maar wel het beste de verdrinkingskenmerken kan detecteren. Vooral op basis van het kunnen herkennen van de verdrinkingskenmerken is uiteindelijk gekozen voor de hartslagmeter. De bottlenecks bij het gebruikmaken van videobeelden waren vooral de kosten en de grote hoeveelheden data die moet worden verwerkt. De waterdrukmeter scoorde te weinig op het kunnen herkennen van verdrinkingskenmerken.

Wel moet worden opgemerkt dat op dit moment de hartslag via een armbandje nog niet goed kan worden bepaald.

Uit telefonische enquêtes is naar voren gekomen dat toezichthouders vooral willen dat er weinig valse alarmen worden afgegeven. Ook moet de gebruikersinterface weinig belemmerend zijn tijdens werkzaamheden. Verder is het belangrijk dat de zwemmers geen last hebben van het armbandje en de interface.

Uiteindelijk is gekozen voor een gebruikersinterface bestaande uit een polshorloge, LED-display en een alarmbel. Met deze drie hulpmiddelen kan in elke situatie in het zwembad een passende oplossing worden geboden.

Uit een marktonderzoek bleek dat voor veel zwembaden de reden om geen antiverdrinkingssysteem aan te schaffen is, dat de concentratie van toezichthouders daalt door aanwezigheid van het systeem. Na een vervolgonderzoek is besloten om een oplossing voor de concentratieproblemen te vinden. In samenwerking met een psycholoog zijn een aantal oplossingen bedacht, maar uiteindelijk is toch geconcludeerd dat deze oplossingen niet effectief genoeg zijn om het probleem op te lossen.

Conclusies over de implementatiefase

De uitwerking van het verdrinkingsdetectie-algoritme en de interface is gerealiseerd in MATLAB R2007b. Uit de testen met het verdrinkingsdetectie-algoritme kan worden geconcludeerd dat het algoritme de volgende eigenschappen detecteert:

- Tijdsduur onder water en bewegingen
- Spartelende bewegingen
- Verhoogde hartslag
- Hartstilstand

De enige situatie die uit de tests tot een nog onoplosbaar vals alarm leidt, is de situatie waarin herhaaldelijk in het water wordt gesprongen en er snel weer wordt uitgeklimmen. Deze situatie 'lijkt' voor het verdrinkingsdetectie-algoritme op spartelende bewegingen, waardoor er een alarm wordt afgegeven.

Het algoritme voldoet hiermee aan de volgende gestelde eisen:

- ✓ Het verdrinkingsdetectie-algoritme detecteert verdrinkingskenmerken.
- ✓ Het systeem slaat binnen 30 seconden alarm, nadat een zwemmer de eerste tekenen van verdrinking is gaan vertonen.

Het verdrinkingsdetectie-algoritme is echter nog niet geschikt om ook in golfslagbaden en stroomversnellingen te worden toegepast.

De interface is, wegens de korte doorlooptijd van het project, niet in zijn geheel gerealiseerd. Desondanks is met behulp van een 'Graphical User Interface' (GUI) de opbouw weergegeven van het gebruikerspaneel, die zich bij de centrale computer bevindt. Verder is een totaalbeeld gevormd van hoe de interface in het zwembad eruit kan komen te zien.

Ondanks dat de interface niet in zijn geheel is gerealiseerd, zal de beschreven interface naar verwachting wel aan de volgende punten voldoen:

- ✓ Het systeem activeert een alarm, waaruit duidelijk blijkt dat er sprake is van een verdrinking.
- ✓ De interface is ontworpen zodat deze de toezichthouder zo min mogelijk belemmert bij dagelijkse werkzaamheden.
- ✓ De interface kan duidelijk en eenduidig aan de toezichthouder kenbaar worden gemaakt, waar een zwemmer dreigt te verdrinken.
- ✓ Het systeem belemmert badgasten nauwelijks tijdens het zwemmen of tijdens het spelen in en rondom het zwembad.
- ✓ Het systeem kan op geen enkele manier schade aan het milieu aanrichten.

De praktijk zal uit moeten wijzen of de gestelde punten ook daadwerkelijk gehaald zijn. Praktijktesten zullen moeten uitwijzen hoeveel valse alarmen worden afgegeven en of dit aan de Programma van Eisen voldoet. De zwakte van de interface en het verdrinkingsdetectie-algoritme is dat deze niet getoetst zijn in een echt zwembad in samenwerking met de positiebepaling.

11.2 Aanbevelingen

Het totale antiverdrinkingssysteem van BlueWatch bevindt zich nog in het ontwikkelstadium en kan daardoor nog niet in een zwembad worden geïnstalleerd. Er is echter wel een duidelijke eerste stap gezet. Om het systeem in de toekomst verder te ontwikkelen, verdient het aanbeveling nader onderzoek te doen naar volgende onderwerpen:

1. Om verdrinking al in een vroeg stadium te kunnen detecteren, dient naast positie ook hartslag te worden meegenomen als input voor het verdrinkingsdetectie-algoritme. Het is echter in de praktijk nog niet mogelijk om hartslag op een praktisch acceptabele manier te meten bij zwemmers. Indien hier wel een manier voor gevonden zal worden, zal dit de efficiëntie en snelheid van het systeem sterk doen toenemen. Daarom is onderzoek naar hartslagmeting nodig.
2. Het verdrinkingsdetectie-algoritme dient in praktijk samen met de positiebepaling getest te worden. Hieruit zal blijken of er nog aanpassingen aan het algoritme nodig zijn.
3. Om het systeem ook in stroomversnellingen en golfslagbaden toe te kunnen passen, dient er meer onderzoek gedaan naar de benodigde aanpassing voor het algoritme alsmede de interface.
4. Ook is het belangrijk dat verder onderzoek gedaan wordt naar de mogelijkheden die er zijn om concentratieproblemen bij toezichthouders terug te dringen. Het is bekend dat gedurende de dienst de concentratie van toezichthouders aanzienlijk af kan nemen. Maar tot nu toe zijn er geen goede oplossingen voor dit probleem gevonden. Voor zwembaden en toezichthouders is het wenselijk als een antiverdrinkingssysteem de scherpheid van toezichthouders kan verbeteren.

Literatuurlijst

Theoretische bronnen

Wikipedia (2007a). *Badmeester*
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Badmeester>
Geraadpleegd op 4 april 2008.

Zegers, R. (2003). *Definitie verdrinking*
<http://verdrinking.onderkoeling.nl/1-ZWEMBAD-preventie.htm>
Geraadpleegd 14 april 2008

Jeff Ellis & Associates (1995). *Stages of Drowning*
<http://www.poseidon-tech.com/us/patho.html>
Geraadpleegd 18 april 2008

Pia, F. (1994). *Reflections on lifeguarding surveillance programs*
British Columbia: Reflections on Lifeguarding Conference

Pia, F. (1970). *On Drowning*
<http://www.pia-enterprises.com/watersafety.html>
Geraadpleegd op 20 april 2008

Wikipedia (2008b). *Paniek*
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Angst#Paniek>
Geraadpleegd op 2 mei 2008

The Applied Anthropology Institute (2001). *Lifeguard vigilance bibliographic study*.
Parijs: Applied Anthropology Institute

Hart, O van der (2008). Persoonlijke mededeling.

Verstraten, F (2008). Persoonlijke mededeling.

Poseidon (1995). *The lifeguard's third eye*.
www.poseidon-tech.com
Geraadpleegd op 7 mei 2008

Imergo (2007). *Pool Protection Systems*.
www.imergo.nl
Geraadpleegd op 7 mei 2008

Swimguard (2004). *The proven underwater safety systems*.
www.swimguardsafety.com
Geraadpleegd op 7 mei 2008

Roozenburg N.F.M. & Eekels J. (1998). *Productontwerpen, structuur en methoden*. 2^e dr.
Den Haag: Lemma BV

The Mathworks Inc. *Cell arrays*
http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/index.html?/access/helpdesk/help/techdoc/matlab_prog/f2-67323.html&http://www.mathworks.com/cgi-bin/texis/webinator/search
Geraadpleegd op 2 juni 2008

Matlab R2007b (2007). The Mathworks Inc.

Opgenomen illustraties

Figuur 5.1(l):

http://www.poseidon-tech.com/images/camera_blue.jpg

Poseidon Technologies

5.1(r):

<http://www.poseidon-tech.com/images/OKjumelles-grosplan.jpg>

Poseidon Technologies

5.2:

<http://www.poseidon-tech.com/images/Photo%20PES%2007.jpg>

Poseidon Technologies

5.3(l):

http://www.poseidon-tech.com/us/images/screen_direct.gif

Poseidon Technologies

5.3(r):

http://www.poseidon-tech.com/us/images/screen_alert.gif

Poseidon Technologies

5.4:

<http://www.poseidon-tech.com/images/Led%20Panel+alert%20message%20UK.jpg>

Poseidon Technologies

5.5:

http://www.eyeviewsystems.nl/pictures/pager_big%5B1%5D.jpg

Eyeview Systems

5.6:

<http://www.imix.nl/iMergosubsite/iMergo%20images/mosaic1.jpg>

iMergo

5.7:

<http://www.swimguardsafety.com/images/monitor1.jpg>

Swimguard

7.1(l):

<http://poseidon-tech.com/images/viewFromCamera02.jpg>

Poseidon Technologies

7.1(r):

<http://poseidon-tech.com/images/viewFromCamera01.jpg>

Poseidon Technologies

7.2(l):

<http://www.beveiligingswinkel.nl/images/Sanyo/cpt8936-int.jpg>

Beveiligingswinkel

7.2(m):

<http://www.globe-camerabeveiliging.nl/images/infraarod.JPG>

Globe Camerabeveiliging

7.2(r):

http://poseidon-tech.com/images/camera_blue.jpg

Poseidon Technologies

7.3(l):

http://www.braceadvies.nl/contents/media/t_polarBorstband.bmp

Brace Advies

7.3(m):

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3b/BloodPressure.jpg/180px-BloodPressure.jpg>

Wikipedia

7.3(r):

http://www.hartslagmetershop.nl/media/15_blauw.jpg

Hartslagmetershop

7.4(l):

http://img.myshopping.com.au/product/121007/Olympus_Stylus_770_SW_Digital_Camera.jpg

Olympus

7.4(r):

<http://www.watchesbuynet.nl/data/default/images/pro/swatch/SUGB106.jpg>

Swatch

7.5:

<http://www.discountcell.com/cellular/nextel/images/NNTN5211.jpg>

Discount Cell

7.6:

http://shop.proctrl.nl/epages/08021401.sf/nl_NL/?ObjectPath=/Shops/shop.proctrl.nl/Products/%22Tango%207007%20inbouw%20speakerset%20wit%22/SubProducts/%22Tango%207007%20inbouw%20speakerset%20wit%22

Villa.ProCtrl

7.7:

http://www.onlinebouwmarkt.nl/winkel/view_product.php?product=SCHCTHX417

Online bouwmarkt

7.8:

<http://www.poseidon-tech.com/images/Led%20Panel+alert%20message%20UK.jpg>

Poseidon Technologies

7.9:

www.hotref.com/category/12/1280_r.jpg

HotRef

7.10:

<http://www.neuromax.nl/Service%20Pricing.asp>

Neuromax

Bijlage 1: Mediaberichten (bijna)verdrinking in zwembaden

maandag 09 juni 2008

Epileptische aanval oorzaak bijna verdrinking zwembad Aquariom

DELFIJL - Het 7-jarige meisje dat twee weken geleden bijna verdronk in zwembad Aquariom, werd onwel na een epileptische aanval. De politie concludeert dat het zwembadpersoneel niets te verwijten valt.

In overleg met het Openbaar Ministerie besloot de politie na dat ongeluk een onderzoek in te stellen naar de handelwijze van het personeel. De conclusie luidt dat het pure pech was en dat het personeel er niets aan kon doen. Het 7-jarige kind verdween 26 mei na de zwemles onder water, toen het nog even mocht spelen tot de volgende les begon. Het meisje moest worden beademd, waarna ze bijkwam en naar het ziekenhuis werd gebracht.

dinsdag 27 mei 2008

Meisje (7) bijna verdronken in zwembad Aquariom Delfzijl

Delfzijl - Een 7-jarig meisje uit Delfzijl is maandagmiddag in een ziekenhuis opgenomen nadat ze in het zwembad aan de Zeebadweg in haar woonplaats bijna was verdronken. Het meisje raakte tijdens een zwemles door nog onduidelijke oorzaak onder water.

Ze werd door een badmeester uit het bad gehaald. Twee ambulances en een traumahelikopter kwam er aan te pas om het meisje hulp te bieden. Het kind werd per ambulance naar een ziekenhuis vervoerd waar het ter observatie is opgenomen. De politie stelt een nader onderzoek in.

maandag 26 mei 2008

Eén minuut uit het oog...

artikel is gepubliceerd in de katern Diagnose van Algemeen Dagblad NieuwsMedia,
Door ARNOUD KLUITERS.

Een kleuter die de eendjes voert: het ziet er zo onschuldig uit. Maar jaarlijks komen tientallen kinderen om door verdrinking of door een verkeerde behandeling nadat ze zijn gered. Een richtlijn voor verpleegkundigen moet levens redden. Over het opwarmen van een drenkeling bestaat veel onduidelijkheid.

Naar een verklaring zoekt Vera van Paridon (38) uit Noordwijkerhout nog steeds. Feit is dat zij die ochtend even naar binnen liep om andere schoenen aan te trekken. In dat ene minuutje verdween haar tweejarige zoontje Wessel, met de hond, uit het zicht. Waar zoek

je dan als eerste? Roepen leek tot niets te leiden. Tot de hond uit een onverwachte hoek kwam aanlopen. „Wessel bleek 300 meter verderop in een plas te liggen, die ik hem bewust nog nooit had laten zien. Op zijn buik, de armen gespreid. Ik sprong in het water en tilde hem op. 'Ik ben hem voorgoed kwijt', dacht ik. Wessel was blauw, voelde slap. Ik keek in twee doffe, levenloze ogen."

Jaarlijks verdrinken in Nederland ongeveer driehonderd mensen. Een piek is zichtbaar in de groep tot 5 jaar en bij jongeren tussen 14 en 20 jaar. Peuters verdrinken vooral doordat ze niet kunnen zwemmen en/of onbewaakt zijn achtergelaten. Bij de tweede groep slachtoffers is onverantwoord gedrag of het gebruik van drank of drugs meestal de oorzaak.

Nu het zomerseizoen begint, kan een ongeluk in een klein hoekje zitten: iemand glijdt uit, duikt in te ondiep water of overschat de eigen zwemvaardigheden. Het redden van een drenkeling is niet alleen voor omstanders een complexe zaak. Zelfs verpleegkundigen zouden betere keuzes kunnen maken waardoor kostbaar tijdverlies beperkt blijft. Een nieuwe richtlijn biedt hen ondersteuning.

dinsdag 06 mei 2008

7-jarig jongetje bijna verdronken in zwembad

Zwemvlinders geven een verkeerd gevoel van veiligheid, ieder moet alert zijn bij gebruik van zwemhulpmiddelen!

Gorinchem - Een 7-jarig jongetje is bijna verdronken in het zwembad aan de Bataafsekade in gorinchem. Dit gebeurde op dinsdagmiddag 6 mei 2008 omstreeks 14.00 uur. De jongen was met een groep van een tehuis uit Dordrecht onder begeleiding in het buitenbad gedeelte van het zwembad.

De jongen kon niet zwemmen en had zwembandjes om zijn armen. Deze deed hij op een gegeven moment zelf af en ging zonder de bandjes in het water. Hij werd ontdekt door een badjuffrouw die het ventje direct uit het water haalde. Hij ademde niet meer en ze begon gelijk met de reanimatie.

Personeel van de ambulancedienst nam de reanimatie over en kreeg assistentie van een arts van de traumahelikopter welke bij het zwembad landde. De jongen is gestabiliseerd en in zorgwekkende toestand met een spoedtransport per ambulance overgebracht naar het Wilhelminaziekenhuis in Utrecht. Na enige uren bleek dat de jongen in het ziekenhuis bij kennis was gekomen en weer aanspreekbaar was. Hij moet nog wel in het ziekenhuis blijven. Voor alle betrokkenen bij het incident is slachtofferhulp ingeschakeld.

zaterdag 07 juni 2008

Man per heli naar AMC na bijna verdrinking Texels zwembad

TEXEL - Een vijftigjarige Texelaar is vrijdag rond vier uur onwel geworden in zwembad Molenkoog en onder water geraakt.

Oplettende bezoekers en personeel van het gemeentelijk zwembad haalden de man binnen korte tijd uit het water. Er werd met succes reanimatie toegepast. De Texelaar werd rond vijf uur door een traumahelikopter naar het AMC in Amsterdam gebracht. Hij verkeerde toen in stabiele toestand, maar was nog buiten bewustzijn.

maandag 07 januari 2008

Kleuter (5) verdrinkt tijdens eerste zwemles van opa

Vucht - Zondagmiddag is een 5-jarige jongetje is zondagavond even na 18.00 uur verdronken tijdens zijn eerste zwemles. De kleuter kreeg les van zijn opa die eigenaar is van de particuliere zwemschool. De zwemschool huurt voor de lessen het zwembad van psychiatrisch ziekenhuis Reinier van Arkel in Vught.

Op een rommelig moment bij het wisselen van de zwemlessen raakte de vijfjarige onder water. Het kind zou aan het einde van de les op de bodem van het zwembad gevonden zijn. De ouders van het jongetje en twee kinderen waren aanwezig in het zwembad toen het drama zich voltrok. Reanimatie van de kleuter door de toegesnelde hulpdiensten mocht niet meer baten. Het kind was reeds overleden. De politie onderzoekt de toedracht van de verdrinking.



En dat hierbij overlegd wordt met zorginstelling Reinier van Arkel. Het zwembad ligt op het terrein van deze psychiatrische inrichting. Volgens een woordvoerder van Reinier van Arkel zijn de veiligheidsprocedures tijdens de zwemles niet overtreden en gaat het om een dramatisch ongeval.

vrijdag 01 juni 2007

10 jarig meisje gered van verdrinking in zwembad De Wiemel

DEURNE - Een tienjarig meisje uit Helmond is vrijdagavond ternauwernood aan de dood ontsnapt toen ze aan het zwemmen was in zwembad De Wiemel in Deurne. Een medewerker haalde het meisje net op tijd van de bodem van het zwembad. Eenmaal aan de kant kwam haar ademhaling na reanimatie weer op gang. Ze ligt ter observatie in Maastricht.

Het meisje was met andere kinderen aan het disco-zwemmen op een verjaardagsfeestje. "Omdat er meerdere feestjes waren, was er ook extra personeel", vertelt manager Harry Verhoeven van De Wiemel. "Een instructrice zag het meisje even na half acht op de bodem van het zwembad en waarschuwde meteen een collega, die het boven water haalde."

In De Wiemel mogen kinderen tot 8 jaar niet zonder begeleider zwemmen. "Vrijwel alle kinderen die ouder zijn, hebben een diploma." Of het Helmondse meisje, van Turkse afkomst, ook een zwemdiploma had, weet Verhoeven nog niet. "De politie is dat aan het onderzoeken." Volgens Verhoeven is nog niet duidelijk waarom ze onder water bleef. "Het zou kunnen dat ze door iemand anders geraakt is, maar dat is lastig te achterhalen." De ademhaling kwam weer snel op gang, maar ze is toch naar het ziekenhuis vervoerd. "Dat heeft te maken met de secondary-drowning. Als er nog water in de longen zit, kan het gebeuren dat zo'n kind alsnog stikt."

vrijdag 01 juni 2007

Jongen gewond en bijna verdronken na val van duikplank

Ter Apel - Een 7-jarige jongen uit Ter Apel is vrijdagmiddag in een zwembad aan de Heembadweg ernstig gewond geraakt. Hij viel van de zijkant van de duikplank en kwam met zijn hoofd en lichaam op de rand van het zwembad terecht. Vervolgens viel hij het water in. Een getuige zag dat de jongen viel en dook er direct achteraan.

Ook de badmeester dook er direct achteraan. Zij verleenden eerste hulp aan het slachtoffer. De ambulance was snel ter plaatse en verpleegkundigen en artsen van het Mobiel Medisch Team (MMT) namen de behandeling over. Ook de traumaheli kwam en nam het jongetje mee naar het ziekenhuis. Aan omstanders en de getuigen is slachtofferhulp aangeboden. Het exacte letsel van het jongetje is niet bekend, maar het lijkt minder ernstig dan de artsen aanvankelijk dachten.

zondag 25 november 2007

3 jarig meisje (bijna) verdronken in zwembad de Lockhorst in Sliedrecht

SLIEDRECHT Een 3-jarig meisje uit Dordrecht is zondagmiddag in 'zeer kritieke' toestand naar het ziekenhuis vervoerd, nadat zij enige tijd onder water had gelegen in zwembad De Lockhorst in Sliedrecht. „Ze houdt naar alle waarschijnlijkheid op zijn minst hersenletsel over aan het incident,” aldus politiewoordvoerder N. Troost. „Zij zal moeten vechten voor haar leven.”

Onduidelijk is hoe lang de Dordtse peuter precies onder water heeft gelegen. Zij was samen met haar moeder aan het zwemmen in het zwembad aan de Sportlaan. Het incident had plaats in het recreatiebad. Op zeker moment was de Dordtse moeder haar dochter uit het oog verloren. Kort daarop werd het meisje onder water aangetroffen. Zwembadpersoneel begon direct met het reanimeren van het meisje.

Dat werd even later overgenomen door ambulancepersoneel. Ook de traumahelikopter rukte uit. De reanimatie heeft bij elkaar een uur geduurd. Ambulancepersoneel reanimeerde de peuter lange tijd. dat resulteerde er uiteindelijk in dat er een lichte hartslag werd geconstateerd. Daarna is zij naar het ziekenhuis vervoerd. „Haar toestand is zéér kritiek,” aldus politiewoordvoerder N. Troost.

Het incident had plaats rond half vijf, een half uur voor sluitingstijd. Het was op dat moment nog behoorlijk druk in het zwembad. Desondanks hebben de overige bezoekers weinig tot niets meegekregen van het drama, meldt de politie. De reanimatie vond plaats in een gedeelte van het bad dat niet voor publiek was geopend. De directie van het zwembad wilde geen reactie geven op het incident.

**donderdag 29 november
2007**

Zwemmer verdronken door hartfalen

ROTTERDAM - De 27-jarige Rotterdammer die woensdagavond niet kon worden gered in Sportcentrum West, is verdronken door hartfalen.

De man had aan het begin van een avond baantjes getrokken, stapte vervolgens in het bubbelbad om daarna opnieuw naar het recreatiebad te gaan. „Een bezoeker heeft gezien dat de man op de kant zat en vervolgens het water in gleed en verdronk/overleed. Hij werd buiten het water al onwel,” zegt Joop Bijl van de gemeentelijke dienst Sport en Recreatie, die eigenaar is van het zwembad aan de Spaanseweg.

Personeel dat werd gewaarschuwd haalde de man uit het water en begon direct met reanimeren, iets wat later werd overgenomen door ambulancepersoneel. Dat mocht echter niet meer baten. „Het is vreselijk dat dit is gebeurd. Personeel is behoorlijk geschrokken. We hebben direct slachtofferhulp ingeschakeld en de betrokken medewerkers gisteren een dag vrij gegeven.”

Het zwembad werd na het overlijden van de zwemmer direct gesloten. Dat was een uurtje eerder dan normaal. „We hebben de mensen langzaam naar buiten laten gaan. Het was een normale woensdagavond, niet bijzonder druk.”

Voor de dienst Sport en Recreatie was het niet de eerste keer dat iemand onwel werd in een van zijn zwembaden. „Een paar geleden verdronk een klein kind in het Afrikaanderbad, ook aan hartfalen. Dat kind had al vanaf de geboorte een hartafwijking,” aldus Bijl.

Bijlage 2: Metingen voor verdrinkingsparameters

Verdrinking

Spartelen

Meting	Aantal slaande bewegingen	Tijdsduur (s)	Frequentie (Hz)
1	12	12,2	1,0
2	28	15,6	1,8
3	17	8,0	2,1
4	24	14,0	1,7
5	17	10,0	1,7
6	20	14,6	1,4
7	20	11,2	1,8
8	10	4,9	2,0

Zinken

Meting	Diepte bad (m)	Tijdsduur (s)	Snelheid (m/s)
1	1,65	3,4	0,5
2	1,65	2,7	0,6
3	1,65	3,0	0,6
4	1,65	3,7	0,4
5	1,65	3,5	0,5
6	1,65	2,4	0,7
7	1,65	3,1	0,5
8	1,65	3,5	0,5

Zwemmen

In/uit het water klimmen

Meting	Aantal keer	Diepte bad (m)	Tijdsduur (s)	Frequentie (Hz)
1	6	1,3	37,3	0,2
2	6	1,3	26,0	0,2
3	5	1,3	20,6	0,2
4	6	1,3	28,5	0,2
5	6	1,7	35,3	0,2
6	6	1,7	30,0	0,2
7	6	1,7	30,1	0,2
8	4	1,7	21,4	0,2

Snelheid zwemmen

Meting	Afstand (m)	Tijdsduur (s)	Snelheid (m/s)
1	20,0	17,4	1,1
2	20,0	14,6	1,4
3	20,0	17,7	1,1
4	20,0	17,8	1,1

Snelheid onderwater zwemmen

Meting	Afstand (m)	Tijdsduur (s)	Snelheid (m/s)
1	12,5	8,9	1,4
2	12,5	12,3	1,0
3	12,5	8,5	1,5
4	12,5	9,5	1,3

Spelen

Adem inhouden

Meting	Tijdsduur (s)
1	10,6
2	20,9
3	16,0
4	27,0

Bijlage 3: Nauwkeurigheid positiebepaling

Het antiverdrinkingssysteem werkt op basis van positiebepaling. In werkelijkheid zal het systeem nooit ideaal zijn en zal er een bepaalde onnauwkeurigheid ontstaan. Zo ook bij de realisering van het positiebepaling. De vraag voor het verdrinkingsdetectie-algoritme is dan ook: Hoe groot mag de onnauwkeurigheid voor de plaatsbepaling zijn, om een degelijk verdrinkingsdetectie-algoritme te maken? Met andere woorden, mag de onnauwkeurigheid voor de positiebepaling niet meer bedragen dan enkele millimeters of mag er een onnauwkeurigheid van tientallen centimeters zijn om de verdrinkingskenmerken te detecteren. Deze bijlage gaat in op de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling met betrekking tot het verdrinkingsdetectie-algoritme.

De diepte, vorm en grootte van de zwembaden is voor ieder zwembad verschillend. In figuur 1 is een model van een zwembad weergegeven. In dit model is te zien dat de diepte verschillend is aan beide kanten van het zwembad, deel A en deel B. In het midden is een schuine overgang van deel A naar deel B. In het figuur zijn twee zwemmers getekend, die een beeld vormen over de diepte van het bad.



Figuur 1. Model van een zwembad (dwarsdoorsnede)

Voor het verdrinkingsdetectie-algoritme is het belangrijk het zwemgedrag of speelgedrag te onderscheiden van een verdrinking. Zoals in hoofdstuk 3 naar voren is gekomen, zal het verdrinkingsdetectie-algoritme met behulp van positiebepaling voornamelijk gebaseerd zijn op het spartelen en het langzaam naar de bodem zakken van het slachtoffer⁷.

Bij het spartelen, slaat het slachtoffer continu op het wateroppervlak. Bij dit kenmerk blijft het slachtoffer grotendeels op dezelfde positie.

Het naar de bodem zakken van het slachtoffer, betekent voornamelijk een naar beneden gerichte verticale verplaatsing. De snelheid waarmee een slachtoffer naar de bodem zakt is afhankelijk van het lichaamsgewicht, het spiergewicht en de hoeveelheid lucht in de longen en verschilt dus per persoon. In het algemeen zakt een slachtoffer heel rustig naar de bodem. De verticale snelheid bij een verdrinking zal hierbij rond de 0,5 m/s zitten.

De diepte van het zwembad kan, zoals ook in het model te zien is, per deel van het bad variëren. Indien een persoon in gedeelte A verdrinkt, zal de persoon eerder op de bodem zijn dan bij gedeelte B. De bepaling van de maximale onnauwkeurigheid hangt hier af van het ondiepste gedeelte. Hoe groter de onnauwkeurigheid, des te moeilijker het is om in 'ondiep' water een verdrinking te detecteren. Voor de plaatsbepaling op basis van

⁷ Het woord 'slachtoffer' is in deze bijlage gebruikt als een persoon die zich in een verdrinkingssituatie bevindt.

akoestische golven, moet het bad tot op heden een minimale diepgang van één meter hebben.

De toelaatbare onnauwkeurigheid van het systeem hangt dus af van de verdrinkingskenmerken en de diepte van het bad. Bij de laatste factor is het ondiepste gedeelte de bepalende factor, waarbij het bad dieper moet zijn dan één meter. Om onderscheidt te maken tussen een zwemmer aan de oppervlakte en de bodem van het bad, is een nauwkeurigheid vereist zijn van tenminste een halve meter.

Een positie onnauwkeurigheid bij het spartelen heeft als gevolg dat het lijkt alsof een persoon zich bij het spartelen verplaatst, terwijl dit niet het geval is. Zodoende kan er moeilijk worden bepaald of de zwemmer zich steeds op dezelfde plaats bevindt. Daarom is een onnauwkeurigheid van enkele meters onacceptabel. Een onnauwkeurigheid van maximaal 50 cm zal volstaan.

De conclusie over de foutmarge van positiebepaling voor het verdrinkingsdetectie-algoritme is dat de foutmarge niet groter mag zijn dan 50 centimeter.
--

Bijlage 4: MATLAB implementatiecode

Algoritme.m

```
clear all;
close all;
clc;

%Hiermee wordt de testset geladen (Variable: x)
load sit2part1high.mat;

%Starten van de tijdmeting

tic
%Grootte van de data_set bepalen
N = size(x,1);

%Aanmaken van de geschiedenis_set
numm = totaal aantal zwemmers
numm = 13;
for k = 1:numm
    history{k,1} = [];
end

%%De geschiedenis_set aanvullen

%Maximale geschiedenis is 30 seconden
timeHistory = 25;

% i = 25;
% while i > 0
%     history = createHistory(history,x,N,timeHistory);
%     i = i - 1;
% end

history = createHistory(history,x,N,timeHistory);

%%Detecteren of er onderwater zwemmers zijn zonder bewegingen
drowntimeThreshold = 10;
surfaceThreshold = 250;
sidemoveThreshold = 100;

positionAlertMatrix =
drownDetectPos(history,drowntimeThreshold,surfaceThreshold,sidemoveThreshol
d);

%%Detecteren of er aan het wateroppervlak gesparteld wordt
%Tijd van spartelen vlak in of boven het wateroppervlak in seconden
flounderTime = 20;
%Maximale afstand onder wateroppervlak in centimeters
flounderSurfaceThreshold = 75;
%Maximale afstand zijwaartse beweging in centimeters
sideSurfaceThreshold = 100;
%Minimale percentage aantal van de tijd boven water
```

```

lowerPercAboveThreshold = 0.25;
%Maximale percentage aantal van de tijd boven water
higherPercAboveThreshold = 0.75;

flounderAlertMatrix =
flounderDetectPos(history,flounderTime,flounderSurfaceThreshold,
sideSurfaceThreshold,lowerPercAboveThreshold,higherPercAboveThreshold);

%Detecteren of er hoge hartslagen voorkomen
%Tijd van paniek
panicTime = 10;
%Minimale hartslag voor er paniek wordt gedetecteerd
panicHeartRateThreshold = 130;
%Percentage van de panicTime waarbij de hartslag boven de
%panicHeartRateThreshold moet liggen
percent = 0.3;

heartAlertMatrix =
drownDetectHeartRate(history,panicTime,panicHeartRateThreshold,percent);

%%Detecteren op hartstilstanden
%Tijd voor er alarm optreed bij zeer lage hartslag
heartStopTime = 5;
%Minimale hartslag voor een zwemmer
heartStopThreshold = 30;

heartStopMatrix =
heartStopDetect(history,heartStopTime,heartStopThreshold);

%%Verwerken van alle (valse)alarmen en een 'definitief' alarm slaan (of
niet)
alarm =
analyseAlertMatrices(positionAlertMatrix,flounderAlertMatrix,heartAlertMatrix,heartStopMatrix);

%Stoppen en laten zien van de tijdmeting
toc;

```

AnalyseAlertMatrices.m

```

function alarm =
analyseAlertMatrices(positionAlert,flounderAlert,heartAlert,heartStop)

P = size(positionAlert,1);

alarm = zeros(P,1);

for p = 1:P
    if (positionAlert(p,1) == 1)
        alarm(p,1) = p;
        alarm(p,2) = 1;
    elseif ((flounderAlert(p,1) == 1) && heartAlert(p,1) == 1)

```

```

        alarm(p,1) = p;
        alarm(p,2) = 1;
    elseif (heartStop(p,1) == 1)
        alarm(p,1) = p;
        alarm(p,2) = 1;
    else
        alarm(p,1) = p;
        alarm(p,2) = 0;
    end
end
end

```

analyseHistory.m

```

function [mhux,mhuy,maxx,minx,maxy,miny] = analyseHistory(history)

filtered = [];

for m = 1:size(history,1)
    if history(m,1) > 0
        filtered = [filtered; history(m,:)];
    end
end

mhux = mean(filtered(:,1),1);
mhuy = mean(filtered(:,2),1);
maxx = max(filtered(:,1));
minx = min(filtered(:,1));
maxy = max(filtered(:,2));
miny = min(filtered(:,2));

```

createHistory.m

```

%%%% Het aanleggen en bijhouden van de database %%%%
function history = createHistory(history,data,N,timeHistory)

for n = 1:N
    history{data(n,1),1} = [history{data(n,1),1}; data(n,2:5)];
    %Als de geschiedenisdatabase langer is dan 'timeHistory' wordt de
    %eerste rij verwijderd (dit is dus de oudste postie-informatie)
    if (size(history{data(n,1),1},1) > timeHistory)
        history{data(n,1),1}(1,:) = [];
    end
end
end

```

drownDetectHeartrate.m

```

function heartAlertMatrix =
drownDetectHeartrate(history,panicTime,panicHeartRateThreshold,percent)

K = size(history,1);
heartAlertMatrix = zeros(K,1);

for k = 1:K
    N = size(history{k,1},1);
    state = 0;

    %Hier kijken of de harts slag hoog is (voor bv Paniek)

```

```

if (N >= 10)
    for i = (N-panicTime+1):N
        if (history{k,1}(i,4) > panicHeartRateThreshold)
            state = state + 1;
        end
    end

    if (state >= round(percent*panicTime))
        heartAlertMatrix(k,1) = 1;
    else
        state = 0;
        heartAlertMatrix(k,1) = 0;
    end
end
end
end

```

drownDetectPos.m

```

function positionAlert =
drownDetectPos(history,drowntimeThreshold,surfaceThreshold,sidemoveThreshol
d)

```

```

K = size(history,1);
positionAlert = zeros(K,1);

```

```

for k = 1:K

```

```

    N = size(history{k,1},1);
    state = 0;

```

```

    % Kijken of 9 a 10 seconden onder water wordt verbleven

```

```

    if (N<drowntimeThreshold)
        for i = 1:N
            %Als de zwemmer zich boven de 'surfaceThreshold' bevindt
            %dan, niets
            if (history{k,1}(i,3) > surfaceThreshold)
                state = state;
            %anders (zwemmer is onder 'surfaceThreshold', alarmstaat + 1
            else
                state = state + 1;
            end
        end
    else
        for j = (N-drowntimeThreshold+1):N
            if (history{k,1}(j,3) > surfaceThreshold)
                state = state;
            else
                state = state + 1;
            end
        end
    end
end

```

```

    %Kijken of er zijwaartse bewegingen zijn geweest in die 10 seconden

```

```

    if (state >= round(0.9*drowntimeThreshold))
        mhux = mean(history{k,1}((N-drowntimeThreshold+1):N,1),1);
        mhuy = mean(history{k,1}((N-drowntimeThreshold+1):N,2),1);
        maxx = max(history{k,1}((N-drowntimeThreshold+1):N,1));
        minx = min(history{k,1}((N-drowntimeThreshold+1):N,1));
    end
end

```

```

maxy = max(history{k,1}((N-drowntimeThreshold+1):N,2));
miny = min(history{k,1}((N-drowntimeThreshold+1):N,2));
%Als aan de volgende voorwaarden wordt voldaan dan geen verdrinking
%Deze voorwaarden kijken naar bewegingen in de x-richting
if ((abs(maxx-mhux)> 100) || (abs(mhux-minx)> 100))
    disp('x beweging')
    state = 0;
    positionAlert(k,1) = 0;
%Als aan de volgende voorwaarden wordt voldaan dan geen verdrinking
%Deze voorwaarde kijken naar bewegingen in de y-richting
elseif ((abs(maxy-mhuy)> 100) || (abs(mhuy-miny)> 100))
    disp('y beweging')
    state = 0;
    positionAlert(k,1) = 0;
else
    %Verdrinking vindt plaats, dus alarmslaan
    positionAlert(k,1) = 1;
end
end
end
end

```

flounderDetectPos.m

```

function flounderAlertMatrix =
flounderDetectPos(history,flounderTime,flounderSurfaceThreshold,
sideSurfaceThreshold,lowerPercAboveThreshold,higherPercAboveThreshold)

%De hoogte mbt ref. punt in centimeters:
flsuThreshold = 300 - flounderSurfaceThreshold;

K = size(history,1);
flounderAlertMatrix = zeros(K,1);

for k = 1:K

    N = size(history{k,1},1);
    state = 0;
    statel = 0;
    state2 = 0;

    %Checken of er 25%-75% geen posities gedetecteerd kunnen worden
    if (N<flounderTime)
        perc = 0;
        for i = 1:N
            if (history{k,1}(i,2) < 0)
                perc = perc + 1;
            else
                perc = perc;
            end
        end

        if ((perc/N) > 0.25) && ((perc/N) < 0.75))
            statel = 1;
        else
            statel = 0;
        end
    else
        perc = 0;
    end
end

```

```

for j = (N-flounderTime+1):N
    if (history{k,1}(j,2) < 0)
        perc = perc + 1;
    else
        perc = perc;
    end
end

if (((perc/N) > lowerPercAboveThreshold) && (((perc/N) <
higherPercAboveThreshold)))
    state1 = 1;
else
    state1 = 0;
end
end

%25-75% van de 'laatste 20 seconden' geen positie gedetecteerd, nu
%checken of er niet onder 225cm is geweest in die periode
if (state1)
    if (N<flounderTime)
        for p = 1:N
            if (history{k,1}(p,3) < flsuThreshold)
                state2 = 0;
            else
                state2 = 1;
            end
        end
    else
        for l = (N-flounderTime+1):N
            if ((history{k,1}(l,3) < flsuThreshold) &&
(history{k,1}(l,3) >= 0))
                state1 = 0;
                state2 = 0;
            else
                state = state + 1;
            end
            if (state >= round(0.1*flounderTime))
                state2 = 1;
            else
                state2 = 0;
            end
        end
    end
end

%Checken of er zijwaartsebeweging is geweest
if (state2)
    if (N<flounderTime)
        [mhux,mhuy,maxx,minx,maxy,miny] = analyseHistory(history(k,1));
    else
        [mhux,mhuy,maxx,minx,maxy,miny] =
analyseHistory(history{k,1}(N-flounderTime+1:N,:));
    end

    if ((abs(maxx-mhux)> sideSurfaceThreshold) || (abs(mhux-minx)>
sideSurfaceThreshold))
        disp('x beweging')
        state1 = 0;
        state2 = 0;
        alarm = 0;
    end
end
%Als aan de volgende voorwaarden wordt voldaan dan geen verdrinking

```

```

        %Deze voorwaarde kijken naar bewegingen in de y-richting
        elseif ((abs(maxy-mhuy)> sideSurfaceThreshold) || (abs(mhuy-miny)>
sideSurfaceThreshold))
            disp('y beweging')
            state1 = 0;
            state2 = 0;
            alarm = 0;
        else
            %Verdrinking vindt plaats, dus alarmslaan
            flounderAlertMatrix(k,1) = 1;
        end
    end
end
end

```

heartStopDetect.m

```

function heartStopMatrix =
heartStopDetect(history,heartStopTime,heartStopThreshold)

K = size(history,1);
heartStopMatrix = zeros(K,1);

for k = 1:K
    N = size(history{k,1},1);

    %Hier kijken of er een 'hartstilstand' is
    if (N >= 6)
        for i = (N-heartStopTime+1):N
            if (history{k,1}(i,4) > heartStopThreshold)
                heartStopMatrix(k,1) = 0;
                break;
            elseif ((history{k,1}(i,4) >= 0) && (history{k,1}(i,4) <=
heartStopThreshold))
                heartStopMatrix(k,1) = 1;
            else
                heartStopMatrix(k,1) = 0;
            end
        end
    end
end
end
end

```

Bijlage 5: Evaluatieronde 2, situatie 1

Situatie 1: Spelende kinderen in het zwembad, hoge hartslag

Zwemmer	x-coördinaat	y-coördinaat	z-coördinaat	Hartslag
1	50	50	265	60
1	100	150	240	68
1	300	250	210	70
1	400	275	198	80
1	450	298	150	89
1	510	341	176	95
1	555	358	200	101
1	600	390	210	102
1	621	420	250	110
1	639	429	289	125
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	758	523	270	130
1	800	530	275	135
1	901	540	290	136
1	-1	-1	-1	-1
1	1000	600	290	137
1	1098	621	288	139
1	1167	622	289	140
1	-1	-1	-1	-1
1	1248	656	290	141
1	1289	648	299	138
1	1275	624	280	140
1	-1	-1	-1	-1
1	1258	625	281	141

Situatie 1: Spelende kinderen in het zwembad, lage hartslag

Zwemmer	x-coördinaat	y-coördinaat	z-coördinaat	Hartslag
1	50	50	265	60
1	100	150	240	68
1	300	250	210	70
1	400	275	198	80
1	450	298	150	89
1	510	341	176	88
1	555	358	200	85
1	600	390	210	88

1	621	420	250	90
1	639	429	289	95
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	758	523	270	98
1	800	530	275	89
1	901	540	290	90
1	-1	-1	-1	-1
1	1000	600	290	92
1	1098	621	288	93
1	1167	622	289	89
1	-1	-1	-1	-1
1	1248	656	290	88
1	1289	648	299	92
1	1275	624	280	96
1	-1	-1	-1	-1
1	1258	625	281	94

Situatie 1: Spelende kinderen in en uit het zwembad, hoge hartslag

Zwemmer	x-coördinaat	y-coördinaat	z-coördinaat	Hartslag
1	50	50	265	60
1	100	150	280	68
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	50	40	200	102
1	100	80	220	110
1	30	20	290	125
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	50	30	290	136
1	-1	-1	-1	-1
1	40	10	290	137
1	30	20	288	90
1	30	2	270	85
1	50	50	266	83
1	100	100	290	141
1	50	90	220	138

1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1

Situatie 1: Spelende kinderen in en uit het zwembad, lage hartslag

Zwemmer	x-coördinaat	y-coördinaat	z-coördinaat	Hartslag
1	50	50	265	58
1	100	150	280	59
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	50	40	200	67
1	100	80	220	69
1	30	20	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	50	30	290	88
1	-1	-1	-1	-1
1	40	10	290	89
1	30	20	288	90
1	30	2	270	85
1	50	50	266	83
1	100	100	290	78
1	50	90	220	75
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1

Bijlage 6: Evaluatieronde 2, situatie 2

Situatie 2: De zwemmer die uitrust op de kant (kort), hoge hartslag

Zwemmer	x-coördinaat	y-coördinaat	z-coördinaat	Hartslag
1	50	650	290	111
1	100	650	290	112
1	150	650	290	115
1	200	650	290	120
1	250	650	290	125
1	300	650	290	126
1	350	650	290	129
1	400	650	290	130
1	450	650	290	131
1	500	650	290	131
1	650	650	290	130
1	700	650	290	140
1	750	650	290	141
1	800	650	290	139
1	900	650	290	138
1	950	650	290	135
1	1000	650	290	140
1	1100	650	290	144
1	1200	650	290	143
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1

Situatie 2: De zwemmer die uitrust op de kant (kort), lage hartslag

Zwemmer	x-coördinaat	y-coördinaat	z-coördinaat	Hartslag
1	50	650	290	58
1	100	650	290	59
1	150	650	290	58
1	200	650	290	59
1	250	650	290	60
1	300	650	290	61
1	350	650	290	65
1	400	650	290	67

1	450	650	290	69
1	500	650	290	70
1	650	650	290	69
1	700	650	290	68
1	750	650	290	67
1	800	650	290	65
1	900	650	290	70
1	950	650	290	75
1	1000	650	290	80
1	1100	650	290	85
1	1200	650	290	90
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1

Situatie 2: De zwemmer die uitrust op de kant (lang), hoge hartslag

Zwemmer	x-coördinaat	y-coördinaat	z-coördinaat	Hartslag
1	50	650	290	111
1	100	650	290	112
1	150	650	290	115
1	200	650	290	120
1	250	650	290	125
1	300	650	290	126
1	350	650	290	129
1	400	650	290	130
1	450	650	290	131
1	500	650	290	131
1	650	650	290	130
1	700	650	290	140
1	750	650	290	141
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1	-1

Bijlage 7: Evaluatieronde 2, situatie 3

Situatie 3: De verschillende zwemslagen, schoolslag, hoge hartslag

Zwemmer	x-coördinaat	y-coördinaat	z-coördinaat	Hartslag
1	50	650	290	110
1	100	650	290	115
1	150	650	290	120
1	200	650	290	125
1	250	650	290	130
1	300	650	290	133
1	350	650	290	134
1	400	650	290	135
1	450	650	290	135
1	500	650	290	135
1	650	650	290	139
1	675	650	290	140
1	700	650	290	140
1	725	650	290	141
1	750	650	290	141
1	875	650	290	141
1	800	650	290	145
1	825	650	290	145
1	850	650	290	146
1	875	650	290	150
1	900	650	290	149
1	925	650	290	140
1	950	650	290	139
1	975	650	290	138
1	1000	650	290	133

Situatie 3: De verschillende zwemslagen, schoolslag, lage hartslag

Zwemmer	x-coördinaat	y-coördinaat	z-coördinaat	Hartslag
1	50	650	290	70
1	100	650	290	70
1	150	650	290	70
1	200	650	290	70
1	250	650	290	70
1	300	650	290	70
1	350	650	290	70
1	400	650	290	70

1	450	650	290	70
1	500	650	290	70
1	650	650	290	70
1	675	650	290	70
1	700	650	290	70
1	725	650	290	70
1	750	650	290	70
1	875	650	290	70
1	800	650	290	70
1	825	650	290	70
1	850	650	290	70
1	875	650	290	70
1	900	650	290	70
1	925	650	290	70
1	950	650	290	70
1	975	650	290	70
1	1000	650	290	70

Situatie 3: De verschillende zwemslagen, borstcrawl, hoge hartslag

Zwemmer	x-coördinaat	y-coördinaat	z-coördinaat	Hartslag
1	50	650	290	111
1	-1	-1	-1	-1
1	150	650	290	115
1	-1	-1	-1	-1
1	250	650	290	125
1	-1	-1	-1	-1
1	350	650	290	129
1	-1	-1	-1	-1
1	450	650	290	131
1	-1	-1	-1	-1
1	650	650	290	130
1	-1	-1	-1	-1
1	700	650	290	141
1	-1	-1	-1	-1
1	750	650	290	138
1	-1	-1	-1	-1
1	800	650	290	140
1	-1	-1	-1	-1
1	850	650	290	143
1	-1	-1	-1	-1
1	900	650	290	140
1	-1	-1	-1	-1

1	950	650	290	138
1	-1	-1	-1	-1
1	1000	650	290	144

Situatie 3: De verschillende zwemslagen, borstcrawl, lage hartslag

Zwemmer	x-coördinaat	y-coördinaat	z-coördinaat	Hartslag
1	50	650	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	150	650	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	250	650	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	350	650	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	450	650	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	650	650	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	700	650	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	750	650	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	800	650	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	850	650	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	900	650	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	950	650	290	70
1	-1	-1	-1	-1
1	1000	650	290	70