

# **Verslag Eindopdracht Tinlab**

**Sam Cornelisse 0987282  
Chiara Bakker 0993154  
Rowdey Goos 0998898  
Daniël van der Drift 0986788**

**4 april 2022**

# Inhoudsopgave

<b>1 Samenvatting</b>	<b>2</b>
<b>2 Inleiding</b>	<b>2</b>
<b>3 Theoretisch Kader</b>	<b>2</b>
3.1 Begrippenlijst . . . . .	3
<b>4 Methodologie</b>	<b>3</b>
4.1 Dataverzameling . . . . .	4
4.2 Inclusie- en exclusiecriteria . . . . .	4
4.3 Onderzoeksverloop . . . . .	4
4.4 Data-analyse . . . . .	4
4.5 Validiteit en betrouwbaarheid . . . . .	4
<b>5 Literatuuronderzoek</b>	<b>4</b>
5.1 Wat is een sluis? . . . . .	4
5.2 Hoe opereert een sluis? . . . . .	6
5.3 Hoe wordt een sluis onderhouden? . . . . .	6
5.4 Wat kan er fout gaan met een sluis? . . . . .	6
<b>6 Requirements</b>	<b>6</b>
6.1 Veiligheid . . . . .	6
6.2 Efficiëntie . . . . .	6
6.3 Capaciteit . . . . .	6
6.4 Onderhoudskosten . . . . .	6
6.5 Duurzaamheid . . . . .	6
<b>7 Specificaties</b>	<b>6</b>
<b>8 Model</b>	<b>6</b>
<b>9 Verifiëren</b>	<b>6</b>
<b>10 Conclusie</b>	<b>6</b>
<b>11 Bijlagen</b>	<b>7</b>
<b>Referenties</b>	<b>8</b>

# 1 Samenvatting

## 2 Inleiding

Op 24 maart 2022 schreef het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat een brief over de staat van de sluizen in Nederland. Een groot aantal sluizen bleek gerenoveerd te moeten worden. Het plan is om de sluizen gecombineerd te renoveren en automatiseren.

Het ministerie van infrastructuur en waterstaat heeft onvoldoende kennis van ICT om de systemen in deze sluizen te ontwerpen. Ons is gevraagd om een model te maken van een sluis, zodat op basis hiervan, verschillende, volledig geautomatiseerde sluizen gerealiseerd kunnen worden.

Het doel is om een model van een sluis te ontwerpen. Om dit doel te kunnen volbrengen moet eerst onderzoek gedaan worden naar de werking van een sluis en weke requirements hierbij passen. Tot slot moet het model getest worden of dit wel voldoet aan de opgestelde requirements. Het resultaat is een model dat gebruikt kan worden om sluizen te ontwikkelen en aan te sturen.

## 3 Theoretisch Kader

Om een zinvol, accuraat model van een sluis te maken zijn er bepaalde aspecten van dit onderwerp die eerst uitgelicht moeten worden. Voor het bereiken van dit doel zijn een aantal deelvragen opgesteld.

Zo gaan wij onderzoeken wat een sluis is. Dit onderzoek focust zich op sluizen van de scheepvaart. Niet alleen wordt de definitie van de sluis verder uitgewerkt, er wordt ook gekeken naar sluizen van verschillende capaciteiten en functies. Het beantwoorden van deze deelvraag zal ons helpen om beslissingen te kunnen maken omtrent het model met betrekking tot welke onderdelen er zijn, en welke relevant zijn te modelleren.

Verder onderzoeken wij ook hoe een sluis opereert. Gezien dit onderzoek moet leiden tot een model die de (automatische) functie van een sluis demonstreert, is het belangrijk om te weten welke operaties uitgevoerd moeten worden om een sluis correct te laten functioneren. Het onderzoek van deze functionaliteiten zal later ook helpen met het bepalen van welke selectie hiervan relevant is om te includeren in het model.

Ook zal er onderzoek worden gedaan naar hoe sluizen onderhouden worden. Om eisen op te kunnen stellen met betrekking tot de duurzaamheid en onderhoud van een sluis is het relevant om te weten wanneer, waarom en waaraan een sluis onderhouden moet worden. De conclusie van deze deelvraag zal ook gebruikt worden om een licht te schijnen op hoe de twee eerder genoemde abstracte aspecten van het eisenpakket mogelijk gemodelleerd zouden kunnen worden.

Als laatste zullen wij ook onderzoek doen naar wat er allemaal fout kan gaan met een sluis. Wij hopen hiervan te leren wat de foutgevoelige onderdelen zijn van de sluis, en wat eraan gedaan kan worden om deze fouten te voorkomen. Deze informatie wordt hierna gebruikt om eisen op te stellen omtrent de veiligheid van

het systeem, en er wordt mee rekening gehouden gedurende de ontwikkeling van het model.

Er is al eerder onderzoek gedaan naar het simuleren van sluizen. Zo is er in 1976 een onderzoek uitgevoerd naar het optimaliseren van het verkeer binnen een gesimuleerd kanalen netwerk (Oosterveld, 1976). Het onderzoek beschrijft het simulatie model, haar onderdelen, en andere specificaties als hoe schepen worden gegenereerd en het proces dat de sluis doorloopt. Dit model was gebouwd binnen de simulatietaal PROSIM. Het artikel beschrijft ook aan wat voor aspecten het model geoptimaliseerd kon worden om kosten, reistijd en benutting van kanalen te verbeteren. Dit laatste is minder relevant voor ons onderzoek. Het nut van dit onderzoek binnen dat van ons zou beperkt kunnen zijn door het feit dat het 46 jaar oud is.

### 3.1 Begrippenlijst

*Verval*: "Verschil in hoogte van de waterspiegel op twee punten van een rivier" (Van Dale, 2022)

*Sluis*: Een sluis is een scheiding tussen 2 wateren, met deuren. Hierdoor is het mogelijk het waterpeil te beïnvloeden. Sluizen reguleren het waterpeil zodat schepen kunnen passeren. (Rijkswaterstaat, 2022)

*Sluishoofd*: "Het sluishoofd is het onderdeel van de schutsluis waarin zich de beweegbare afsluitmiddelen bevinden." (Bezuijen, 2000)

*Kering*: Een kering splitst twee lichamen van water. De kering staat toe dat het water aan de ene kant kan stijgen of dalen, tot hoger/lager dan de andere kant, terwijl het niveau aan deze andere kant onveranderd blijft. (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat & Rijkswaterstaat, 2018)

*Schutkolk*: "De schutkolk is het onderdeel van de schutsluis waarin de schepen liggen tijdens de verandering van het waterniveau: de afsluitbare ruimte in de definitie van de schutsluis." (Bezuijen, 2000)

*Roldeur*: Een translatie kering die zich horizontaal beweegt, loodrecht op het sluishoofd. Kan bestaan uit één of twee deuren. (Bezuijen, 2000)

*Hefdeur*: Een translatie kering die zich verticaal omhoog beweegt. (Bezuijen, 2000)

*Puntdeur*: Een rotatie kering die er dicht uitziet als een punt en open kan zwaaien als water aan weerszijden gelijk staat. (Bezuijen, 2000)

*CEMT*: De Conférence Européenne des Ministres des Transports. Ook wel de Europese conferentie van ministers van transport. (CEMT, 1992)

## 4 Methodologie

In dit onderzoek is er kwalitatief en kwantitatief onderzoek uitgevoerd om antwoord te geven op de vraag hoe er een model gemaakt kan worden voor een watersluis systeem die voldoet aan de vereisten van de ambtenaar. Hiervoor is literatuuronderzoek gedaan en zijn vervolgens modellen gemaakt aan de hand van dit literatuuronderzoek.

#### 4.1 Dataverzameling

Voor het literatuuronderzoek zijn er bronnen en artikelen gezocht via Google die betrekking hebben tot watersluizen en de vereisten van de ambtenaar.

#### 4.2 Inclusie- en exclusiecriteria

Voor het literatuuronderzoek zijn er gebruikgemaakt van bronnen en artikelen van de afgelopen 20 jaar. Bovendien is er ook gekeken naar watersluizen buiten Europa.

#### 4.3 Onderzoeksverloop

Na vraag van de ambtenaar naar een model van een geautomatiseerde watersluis. TODO

#### 4.4 Data-analyse

De verkregen informatie over de watersluizen uit verschillende bronnen, is met elkaar vergeleken.

#### 4.5 Validiteit en betrouwbaarheid

Ter behoeve van de validiteit zijn de gemaakt modellen gebaseerd op de verkregen informatie uit het literatuuronderzoek. Om de betrouwbaarheid van de modellen te garanderen, zijn de modellen geverifiëerd aan de hand van de requirements die vertaald zijn naar ctl voor verificatie in Uppaal.

### 5 Literatuuronderzoek

#### 5.1 Wat is een sluis?

Rijkswaterstaat definieert een sluis als een scheiding tussen 2 wateren, met deuren, waarmee het mogelijk is om het waterpeil te beïnvloeden. Sluizen reguleren het waterpeil zodat schepen kunnen passeren. (Rijkswaterstaat, 2022)

In Nederland zijn veel verschillende soorten sluizen te vinden (Waterschap Noorderzijlvest, 2021),(Arends, 1994). Zo zijn er doksluizen die worden gebruikt om het waterpeil in droogdokken en havens te regelen, en bijvoorbeeld spuisluizen die voorkomen dat de vaargeul waaraan ze zijn aangesloten dichtslibben door middel van een kom met zeewater die wordt gevuld tijdens vloed, en weer leeg wordt laten gelopen als het eb is (Waterschap Noorderzijlvest, 2021),(Arends, 1994).

Dit onderzoek daarentegen focust zich op schutsluizen. Schutsluizen verschillen in veel andere sluizen in dat ze beschikken over twee of meer sluishoofden. Dit leidt ten gevolge ook tot dat schutsluizen een schutkolk hebben. De afgesloten ruimte die wordt gecreëerd als de keringen in de sluishoofden worden gesloten. De schutkolk kan gebruikt worden om geleidelijk het verval tussen de twee waterhoogten aan de buitenzijden van de sluishoofden te overbruggen. (Bezuijen, 2000)

In Nederland kent men verschillende soorten schutsluizen met verschillende soorten sluishoofden, keringen en schutkolken. Deze sluizen van onderling hetzelfde type zijn ook in verschillende grootten te vinden, het is bijvoorbeeld ook mogelijk dat de aandrijving van de keringen anders is. (Bezuijen, 2000), (Arends, 1994)

Om wat dieper in te gaan op de keringen van schutsluizen, deze zijn over het algemeen op te delen in twee categorieën: de *translatie* keringen en de *rotatie* keringen. (Bezuijen, 2000)

De translatie keringen baseren hun bewegen op translatie, dit wil zeggen zijdelingse verplaatsing. Zo zijn er sluisdeuren te vinden die zich horizontaal bewegen, door het midden, (*roldeur*) of bijvoorbeeld één deur die omhoog gaat (*hefdeur*). Dit laatste type zorgt wel voor een maximale doorvaar hoogte, iets wat niet hoeft te zijn bij de horizontale translatie of de rotatie keringen. (Bezuijen, 2000), (Arends, 1994)

Dan zijn er dus ook nog de rotatie keringen. Deze gaan uit, zoals de naam laat blijken, van een rotatie in het openen en sluiten van de kering. Rotatie keringen, ook wel *puntdeuren* gaan uit van twee deuren. Deze twee deuren vormen een punt. Deze punt is dan gericht naar het hogere deel van het verloop. Dit zorgt er namelijk voor dat het hoger staande water tegen de punt in duwt, en verzekerd dat de deuren dicht zijn, en fysiek niet open kunnen gaan tijdens het op- of neerschutten. (Bezuijen, 2000), (Arends, 1994)

Om daadwerkelijk een boot op- of neer te kunnen schutten moet men wel eerst de mogelijkheid hebben om de schutkolk te vullen met water, en om dit water weer weg te kunnen laten lopen (ledigen). Het volbrengen van deze twee processen kan op een aantal manieren. Over het algemeen zullen sluizen met hefdeuren simpelweg hun hefdeuren langzaam op laten komen. Op deze manier kunnen deze sluizen geleidelijk de boten in de schutkolk op - en neerschutten. (Bezuijen, 2000)

Er zijn ook sluizen te vinden met luiken in hun deuren. Deze luiken kunnen worden opengezet om de schutkolk of te vullen of te ledigen. Dit type van toe en afvoer is toe te passen op ieder type sluis. (Bezuijen, 2000)

Als laatste heeft men ook nog de omloopriolen. Deze waterleidingen hebben meestal luiken op hun ingangen die opengezet kunnen worden om of water toe te voeren, of om water af te voeren. Door de druk die het water op zichzelf uitoefent is er over het algemeen geen pomp nodig om deze riolen te gebruiken. (GWW, 2020), (Bezuijen, 2000)

In 1992 zijn type binnenvaart in klassen opgedeeld door het Conférence Européenne des Ministres des Transports, ook wel CEMT (CEMT, 1992). Nederland heeft wetgeving die er voor zorgt dat alle waterwegen in Nederland een CEMT classificatie hebben, zodat schippers weten wat voor route ze kunnen plannen met hun schip dat in een bepaalde klasse valt. Sluizen zijn hierbij geen uitzondering. In Nederland worden sluizen gebouwd naar een referentie schip, veelal is dit een schip gekozen door de persoon die de vaarweg beheert, en weet wat voor verkeer er over het algemeen door de vaarweg gaat. Tevens bepaalt dit schip ook de CEMT klasse van de vaarweg. (CEMT, 1992), (Rijkswaterstaat, 2020)

Wetgeving (lichten, borden)

**5.2 Hoe opereert een sluis?**

**5.3 Hoe wordt een sluis onderhouden?**

**5.4 Wat kan er fout gaan met een sluis?**

## **6 Requirements**

Op basis van ons onderzoek hebben we requirements opgesteld om te kunnen voldoen aan de eisen van het ministerie. Deze eisen zijn hieronder gecategoriseerd te vinden.

**6.1 Veiligheid**

**6.2 Efficiëntie**

**6.3 Capaciteit**

**6.4 Onderhoudskosten**

**6.5 Duurzaamheid**

## **7 Specificaties**

## **8 Model**

## **9 Verifiëren**

## **10 Conclusie**

## 11 Bijlagen



## Referenties

- Arends, G. J. (1994). Sluizen en stuwen: De ontwikkeling van de sluis- en stuwbouw in nederland tot 1940. *TU Delft Research Repository*. Verkregen van <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A2edbe26b-a941-4175-a1e2-fe5182b90003>
- Bezuijen, K. G. (2000). Constructieve waterbouwkunde. deel b: Schutsluizen. *TU Delft Research Repository*. Verkregen van <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:1e45bbca-f816-4659-b0e9-048a53f91b97>
- CEMT. (1992). *Resolution no. 92/2 on new classification of inland waterways*. Verkregen van <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/wat19922e.pdf>
- GWW. (2020). *Tagarchief: Nieuwe sluis*. Verkregen van <https://www.gww-bouw.nl/tag/nieuwe-sluis/>
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat & Rijkswaterstaat. (2018). *Werken aan veiligheid bij stormen : onze waterkeringen*. Verkregen van [https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC\\_162161\\_31/](https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_162161_31/)
- Oosterveld, D. (1976). Sluizen: Sluissimulatie, kanaalsoptimalisatie. *TU Delft Research Repository*. Verkregen van <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:91c8cde2-0708-430f-a736-15f2164b6709>
- Rijkswaterstaat. (2020). *Standaard: Richtlijnen vaarwegen 2020*. Verkregen van <https://standaarden.rws.nl/index.html>
- Rijkswaterstaat. (2022). *Dammen, sluizen en stuwen*. Verkregen van <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/waterkeringen/dammen-sluizen-en-stuwen>
- Van Dale. (2022). *Betekenis 'verval'*. Verkregen van <https://www.vandale.nl/gratis-woordenboek/nederlands/betekenis/Verval>
- Waterschap Noorderzijlvest. (2021). *Gemalen, stuwen en sluizen*. Verkregen van <https://www.noorderzijlvest.nl/gemalen-stuwen-en-sluizen>