

Ontwerp filtratiesysteem hogedruk testopstelling

Lieven Lamot

Scriptie voorgedragen tot het
behalen van de graad van Bachelor
Scheepswerktuigkunde aan de
Antwerp Maritime Academy

promotoren:
Raf Meskens & Marc Sterkens

academiejaar: 2024-2025

Woord vooraf

Het idee om een eigen filtratiesysteem te ontwikkelen sprak mij meteen aan. De verschillende facetten die gepaard gaan met dit project zorgen voor uitdagingen op velerlei vlakken. Zowel het concept, ontwerp, opbouw en praktische uitwerking alsook het probleemoplossend denken om dit project uit te werken was een hele uitdaging, en vereiste kennis in vele vakgebieden.

In mijn toekomstige werkomgeving is dit alles aanwezig van hydrauliek systemen tot aanzuigfilters van compressoren. Overall is een filtratie van het medium wel noodzakelijk, om zo een langdurig en betrouwbare werking te garanderen, en hun functionaliteit optimaal te benutten.

Het doel van dit te ontwikkelen filtratiesysteem is het verkrijgen van een werkend systeem, het uitbreiden van mijn kennis in verband met filtreren, alsook mijn verkregen kennis van over mijn jaren op de Antwerp Maritime Academy op de proef te stellen.

Samen met mijn promotoren zijn we tot een eind resultaat gekomen, en is er een filtratie systeem ontwikkeld waar men in de verdere toekomst gebruik van kan maken.

Verder zou ik graag de tijd nemen om enkele personen te bedanken die mij doorheen dit proces geholpen en gesteund hebben. Mijn promotoren Raf Meskens en Marc Sterkens, professor Peter Bueken voor het helpen van het 3D printen, mijn ouders voor de morele steun, Bart Smets van Filter-technics voor het leveren van filter materiaal en de Antwerp Maritime Academy voor het leveren van het benodigd materiaal en onderdelen.

Lieven Lamot

Samenvatting

Deze thesis beschrijft het ontwikkelen van een filtratiesysteem, welke het waswater filtert van de testopstelling van het reinigen van verven. Na het verkennen van verschillende filtratiemogelijkheden werd gekozen om te gaan voor een viervoudig filtratiesysteem, die van grof naar fijn gaat. We maken gebruik van verschillende filtergazen als groffilter, en filterdoek (25 micrometer) en membraanfilter (5 micrometer) als fijnfilter. Waar het belangrijkste te filteren deeltjes microplastics zijn.

Er is gebruik gemaakt van Tri-clamp onderdelen, waaronder een drukvat van 40 liter gebruikt hebben, welke beveiligd is op een druk van 0,2 bar. voor dit systeem zijn ook filterhouders ontworpen, die het filtermateriaal op zijn plaats moet houden. Er is een realistisch en werkbaar filtratiesysteem tot stand gekomen.

Abstract

This thesis describes the development of a filtration system, which filters the washing water from the test setup for cleaning paints. After exploring various filtration options, it was decided to go for a four-fold filtration system, which goes from coarse to fine. We use various filter meshes as coarse filters, and filter cloth (25 micrometers) and membrane filters (5 micrometers) as fine filters. Where the most important particles to be filtered are microplastics.

Tri-clamp components were used, including a 40 liter pressure vessel, which is secured at a pressure of 0.2 bar. Filter holders were also designed for this system, which must keep the filter material in place. A realistic and workable filtration system was created.

Inhoudstafel

Lijst van figuren.....	v
1. Inleiding.....	1
2. Onderzoeksvraag.....	1
2.1. Wat zijn microplastics?.....	2
2.2. Wat zijn zware metalen?.....	2
3. Filtratie mogelijkheden.....	2
3.1. Methode 1: grof vuilverwijdering.....	2
3.2. Methode 2: coagulatie en flocculatie.....	3
3.2.1. Elektrocoagulatie.....	5
3.3. Methode 3: Disc filters.....	5
4. Ontwerp.....	7
4.1. De filters.....	11
4.1.1. Filtermateriaal.....	13
4.1.1.3. Debieten.....	15
5. Praktische uitvoering.....	16
5.1 Opbouw drukvat.....	16
5.2. Filter opbouw en montage.....	19
6. Conclusie.....	27
7. bibliografie.....	28

Lijst van figuren.

Figuur 1: Testopstelling Willem De Smedt	1
Figuur 2 verschil rooster en zeef	3
Figuur 3: gaas	3
Figuur 4: Polyamine, ijzerchloride, polyaluminiumchloride.....	3
Figuur 5: polyacrylzuur, polyacrylamide	4
Figuur 6: coagulatie en flocculatie	4
Figuur 7: elektrocoagulatie	5
Figuur 8: kleine disc filter	6
Figuur 9: filter cartridge van schijffilters	6
Figuur 10: eerste ontwerp.....	7
Figuur 11: klem van Tri-clamp	8
Figuur 12: tri-clamp.....	8
Figuur 13: schets filter opstelling.....	9
Figuur 14: finale schets filteropstelling Bron: eigen werk.....	10
Figuur 15: symbool trechter.....	11
Figuur 16: perslucht opstelling.....	11
Figuur 17: symbool filter	11
Figuur 18: kijkglas.....	11
Figuur 19: filterhouder schets.....	12
Figuur 20: tekening+filterhouder	12
Figuur 21: filterhouder koppeling kant	12
Figuur 22: filterhouder met dichting.....	13
Figuur 23: gaas inventor.....	14
Figuur 24: filterdoek in zak vorm.	14
Figuur 25: disc filter cellulose nitrate membraan filter.....	14
Figuur 26: drukvat	16
Figuur 27: blindstop en gemonteerd op het vat+ vast op statief.....	16
Figuur 28: deksel met klem en bijhorende afdichting	17
Figuur 29: trechter opstelling en tri-clamp adapter.....	17
Figuur 30: adapter+vernauwing 3/8 + afsluiter 3/8.....	18
Figuur 31:persluchtregelaar	18
Figuur 32: perslucht opstelling volledig gemonteerd	19
Figuur 33: filterhouder	19
Figuur 34: nieuwe tekening lage+hoge houder	20
Figuur 35: nieuwe houder volledig	20
Figuur 36: gaas mesh 60 en 30.....	21
Figuur 37: gaas geponst en geknip.....	21
Figuur 38: opbouw filter 1	22
Figuur 39: filter 1 compleet.....	22
Figuur 40: fijnfilters	23
Figuur 41: opbouw filter 2	23
Figuur 42: filter 2 compleet.....	24
Figuur 43: overgang van 1inch naar 2 inch	24
Figuur 44: filter gemonteerd	25
Figuur 45: dichting Tri-clamp	25
Figuur 46: ontluchtingsafsluiter	26
Figuur 47: complete opstelling.....	26

1. Inleiding

In 2024 heeft de heer Willem De Smet een testplatform voor onderzoek naar hogedrukreiniging van verven gemaakt. Dit is een opstelling die het afschieten van scheepsrompen moet simuleren. De testopstelling is zo ontworpen dat coupons met verfstalen onder verschillende hoeken kunnen gereinigd worden. De afstand coupon-spuitmond kan ook variabel ingesteld worden.

Verder wordt er gebruik gemaakt van een hogedrukreiniger met variabele drukinstelling tot 260 bar. In een tweede fase werd de ontwikkeling van een filtersysteem vooropgesteld om op een wetenschappelijke manier het reinigen van rompen onder hoge druk en het gedrag van verfsystemen onder die hoge druk te kunnen analyseren.



Figuur 1: Testopstelling Willem De Smet

Bron: thesis Willem De Smet

Dit systeem moet ervoor zorgen dat het spoelwater van de plaatjes wordt opgevangen en gefilterd, zodat men kan onderzoeken wat er overblijft van de plaatjes en welke stoffen er van de plaatjes afgekomen zijn.

We hebben besloten om in meerdere fases te gaan filteren van grof naar fijn.

2. Onderzoeksvraag

Wat wordt er bij hogedrukreiniging van de romp verwijderd?

Dit betekent dat in principe alles eruit gefilterd moet worden, zo weten we wat verloren is gegaan van het plaatje en de verf. Meer specifiek moet de installatie zeker micro-plastics en zware metalen kunnen filteren.

2.1. Wat zijn microplastics?

Dit zijn kunstof deeltjes die variëren tussen 1 µm en 5mm. Microplastics en verfdeeltjes zijn niet biologisch afbreekbaar en deze komen dan in ons mariene milieu, waar ze de volledige voedselketen verontreinigen.

Dit geldt eigenlijk ook voor de zware metalen, alleen zijn deze opgelost in het water.

2.2. Wat zijn zware metalen?

Zware metalen zijn metalen met een hoge dichtheid, dus metalen met een groot atomair gewicht. Deze metalen zijn, indien deze in grote concentraties aanwezig zijn, schadelijk voor onze gezondheid. Er zijn meerdere zware metalen, bijvoorbeeld: koper, chroom, zink, cadmium, etc.

Metalen in hun vaste vorm zijn niet oplosbaar in water. Zware metalen kunnen echter wel in een opgeloste vorm voorkomen in een vloeistof, meestal als ionen op atomaire grootte. Zo kan het gebeuren dat men elementen zoals koper, zink of lood in het water vindt. Bronnen van ionen zijn ondermeer processen, zoals het vrijkomen uit verf- of coatinglagen waarin ze verwerkt zijn. Omdat ze zo klein zijn kunnen we ze met het blote oog niet waarnemen (D'Hondt et al., 2013).

3. Filtratie mogelijkheden

We zijn opzoek gegaan naar verschillende soorten filtratie methodes, en we zijn zo met behulp van de website [vito \(www.emis.vito.be\)](http://www.emis.vito.be), op het waterzuiveringsselectiesysteem (WASS) gekomen zijn. Via deze tool was het mogelijk selectiecriteria vast te leggen voor ons filtratiesysteem. Volgende criteria werd aangehouden.

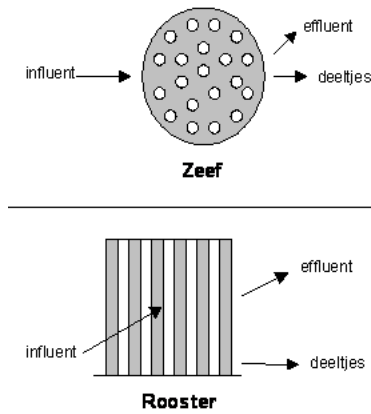
3.1. Methode 1: grof vuilverwijdering.

Dit is de eenvoudigste en goedkoopste methode. Bij deze methode gaan we de te filteren vloeistof door een zeef of roosterachtig ontwerp laten gaan, dit rooster zal dan vooral de grote en grove delen uit de vloeistof gaan verwijderen(emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/techniekfiches/zeef-rooster, 2010).

Het verschil tussen een rooster en een zeef, is de opbouw. Een zeef is een geperforeerde plaat of een gewoven net, ook wel gaas genoemd. Een rooster is gemaakt uit verticale staven die dicht tegen elkaar staan, waar het water langs stroomt.

Een rooster kan tot 500 µm filteren. Met een zeef daarentegen kan je veel fijner gaan, tot wel 20 µm. Weliswaar zijn voor deze fijne afmetingen geen gewone zeven beschikbaar. Men gaat dan een gaas met een grote mesh-waarde gaan gebruiken.¹

¹ Mesh: dit is maaswijdte, ofwel het aantal openingen per inch.



Figuur 2 verschil rooster en zeef

Bron: (emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/techniekfiches/zeef-rooster, 2010)



Figuur 3: gaas

Bron: ([Www.Indiamart.Com/Proddetail/Ss-Disc-Filter-Mesh-20837958597.Html](https://www.indiamart.com/Proddetail/Ss-Disc-Filter-Mesh-20837958597.Html), z.d.)

3.2. Methode 2: coagulatie en flocculatie.

Coaguleren is het destabiliseren van een colloïdale oplossing, wat ervoor zorgt dat de zwevende deeltjes gaan samenklonteren. Dit gebeurt onder invloed van een coagulant. bijvoorbeeld ijzerchloride of andere lage moleculaire polymeren, welke ervoor zorgen dat deeltjes elkaar minder gaan afstoten en vlokjes gaan vormen. Polyamine en polyaluminiumchloride oftewel PAC, zijn nog voorbeelden van lage polymeren. (emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/selectiesystemen/wass/technieken/coagulatie-en-flocculatie, z.d.)



Figuur 4: Polyamine, ijzerchloride, polyaluminiumchloride

Bron: ('[Hoochemtec.Com/Water-Treatment-Coagulant/](https://hoochemtec.com/Water-Treatment-Coagulant/)', 2023)²

² Colloïdale oplossing: een mengsel waar kleine deeltjes in rondzweven, niet zichtbaar voor het blote oog

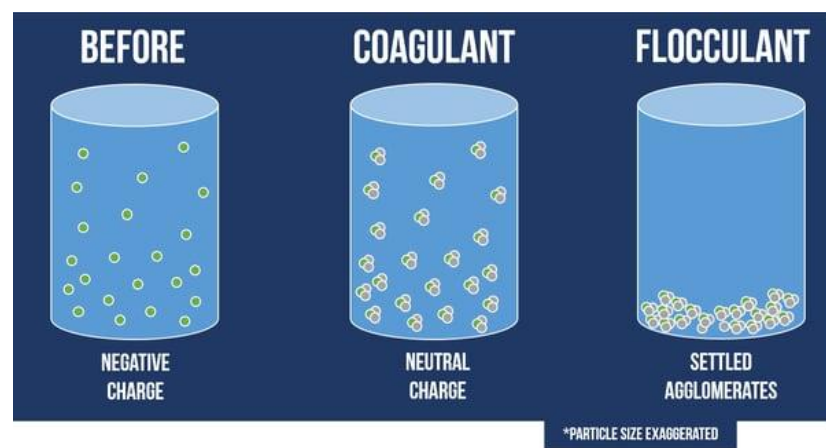
Dit wordt vaak gecombineerd met flocculatie, wat ervoor gaat zorgen dat men grotere vlokken gaat creëren die dan oftewel bezinken of gaan drijven. Flocculanten bestaan meestal uit hoogmoleculaire polymeren. Hier zijn onder andere polyacrylzuur en polyacrylamide voorbeelden van.



Figuur 5: polyacrylzuur, polyacrylamide

Bron: (hoochemtec.com/flocculant-water-treatment/, 2023)

Bij dit proces dient er een lichte turbulentie gemaakt te worden, zodat de deeltjes goed aan elkaar kunnen hechten.



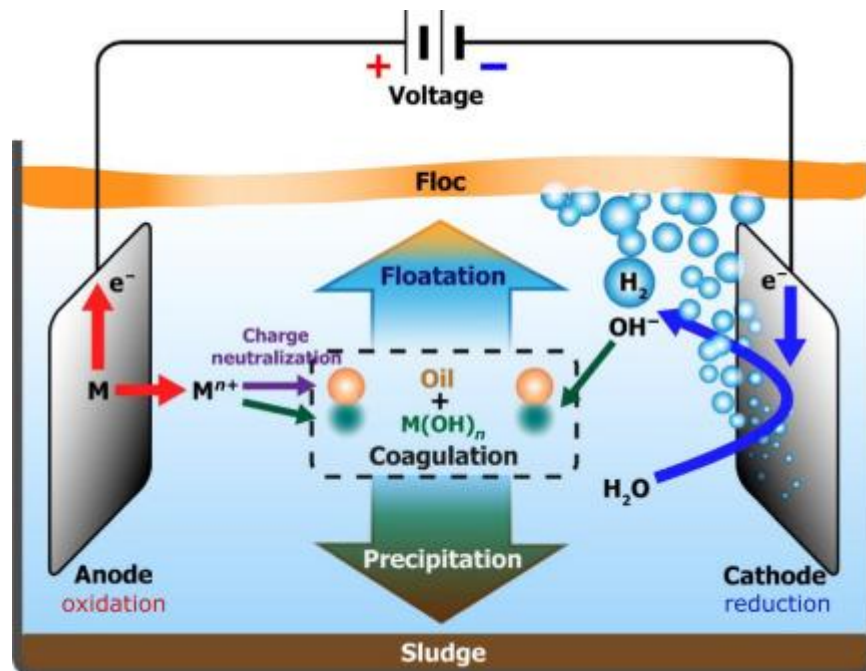
Figuur 6: coagulatie en flocculatie

Bron: (*Coagulation*, 2019)

3.2.1. Elektrocoagulatie

Deze vorm van coagulatie gebruikt een elektrische stroom die de zware metalen gaat scheiden van de vloeistof. Hierdoor gaan de elektroden oplossen en als coagulant werken. Dit is een zeer goed systeem voor andere zware metalen te gaan filteren.

Deze methode is niet enkel goed voor zware metalen, maar ook voor fosfaten, vetten en oliën tot zelfs microplastics. (www.copierwater.com/producten/elektrocoagulatie/, z.d.; www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/electrocoagulation-process, z.d.)



Figuur 7: elektrocoagulatie

Bron: (www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/electrocoagulation-process, z.d.)

3.3. Methode 3: Disc filters.

Disc filters heb je in alle maten en vormen. Een disc filter is eigenlijk gewoon een ronde schijf van filter materiaal. Dit kan gaan van een gaas tot een stapel van schijffilters die onder druk gezet wordt en zo een filterpatroon vormt. Gewone disc filters variëren van 10 μm tot 400 μm , groter functioneren ze als zeef.

Een ander soort disc-filter heb je ook in membraan filters. Deze kunnen 0.2 μm tot 5 μm gaan filteren. Er zijn veel soorten membraan schijffilters zoals: nylon-66, PVDF, cellulose nitraat en microglasvezel (M-Filter, 2015).

- Kleine inline disc filter (Laboratorium)



Figuur 8: kleine disc filter

Bron: (BPL Source – Trusted Distribution Partner, 2024)

- Disc strainer (meer in industrie)



Figuur 9: filter cartridge van schijffilters

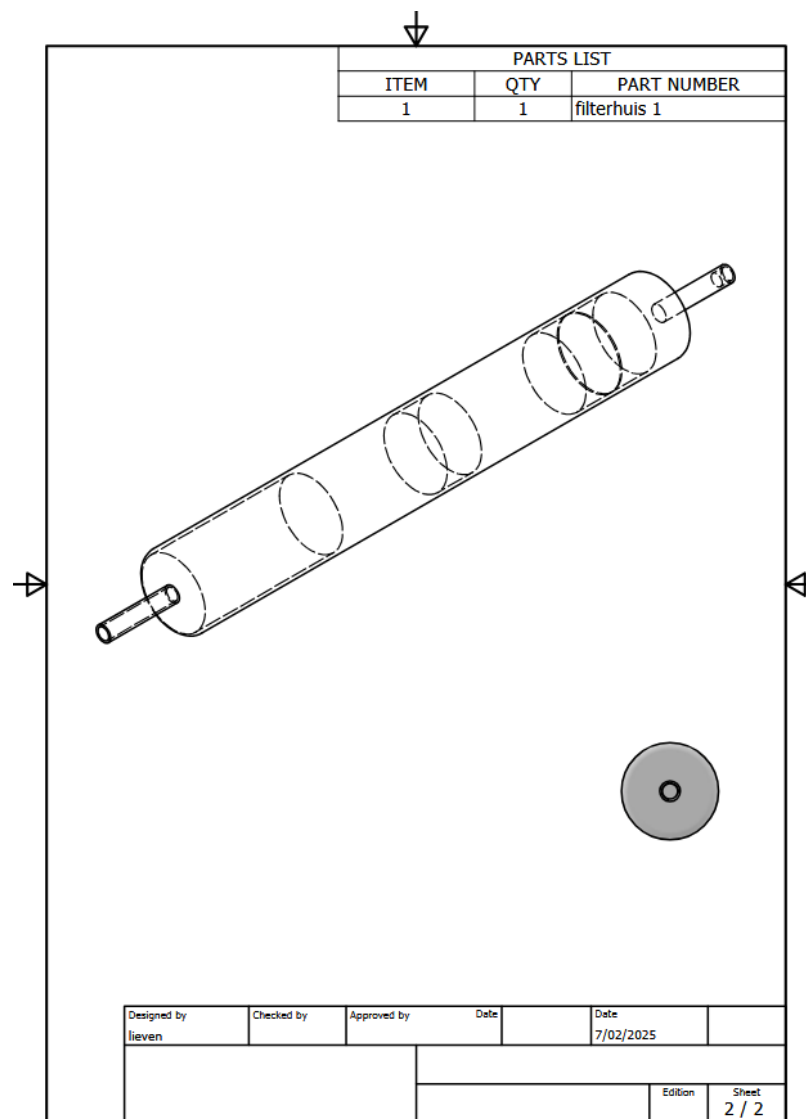
Bron: (filtersystemsaustralia.com.au, 2022)

4. Ontwerp

Vanuit de vito tool (WASS), en bijhorende selectiecriteria opteerden we om in meerdere fases te werken van grof naar fijn. Als grof filter gebruiken we een zeef met mesh 30 zo worden partikels tot 500 micron gefilterd. Zo hebben we de grove stukken eruit gehaald voor we aan onze fijnste stadia beginnen.

Als eerste ontwerp was het plan om een inox buis te gebruiken als filterhuis, en daar meerdere stadia in te maken. De bedoeling was om een soort van schuifjes te maken, om zo onze filter per stadia te bekijken en schoon te maken. Dit filterhuis moest dan volgens het plan onder de afspruitopstelling gemonteerd worden.

Hiervoor werd er een schets ontwikkeld:



Figuur 10: eerste ontwerp

Bron: eigen werk

Na evaluatie, werd overgegaan op apart een systeem welk onafhankelijk werkt. Dit systeem kan in de toekomst universeel ingezet worden. Na beraad werd er geopteerd om met het modulair systeem van tri-clamp te werken.



Figuur 11: klem van Tri-clamp

Bron: (www.Crafthardware.de/En/Products/Biab-Umwaelzung-Kessel-Set-40l, z.d.)

Dit is een interessant product, aangezien dit helemaal bestaat uit roestvrij staal, en vlot aanpasbaar is. Deze koppelingen worden ook veel gebruikt in de farmacie, chemie en voedingsindustrie.

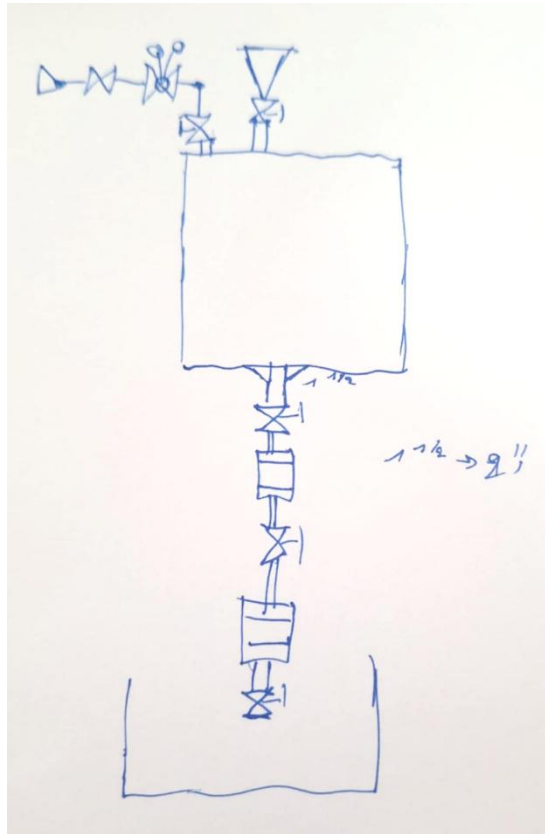
Het systeem gaat heel ver, van afsluiters tot ketels en zelfs pompen. Het grote voordeel is de simpliciteit. Met klemmen is alles heel snel gemonteerd zonder het gebruik van gereedschap nodig te hebben.



Figuur 12: tri-clamp

Bron: (www.Crafthardware.de/En, z.d.)

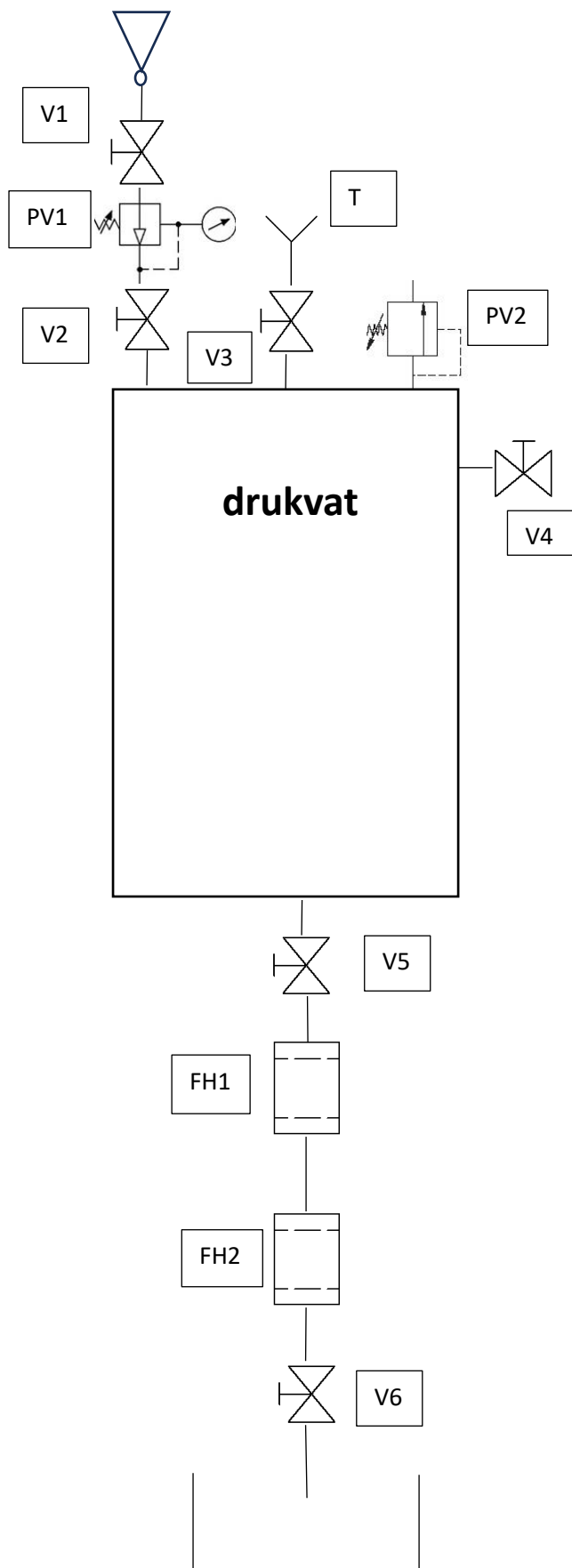
Ons idee was nog altijd om in 4 fases te werken van grof naar fijn, een snelle schets werd hier uitgetekend:



Figuur 13: schets filter opstelling

Bron: eigen werk

Het uiteindelijke systeem ziet er als volgt uit.



Legende:

- V1= persluchtafsluiter
- V2=persluchtafsluiter
- V3= afsluiter trechter
- V4= ontluchtingsafsluiter
- V5= scheidingsafsluiter filter en vat
- V6= eindafsluiter ter preventie van doorlekking
- T= trechter
- PV1= drukregelaar
- PV2= veiligheidsafsluiter (0,2 bar)
- FH1= filterhuis 1 (grof)
- FH2= filterhuis 2 (fijn)

Foto van uiteindelijke installatie met de componenten aangeduid vindt u in de bijgeleverde handleiding in de bijlage.

Figuur 14: finale schets filteropstelling

Bron: eigen werk

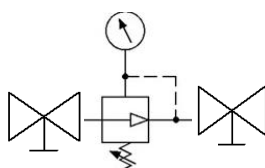
Centraal staat het drukvat. Hier zijn meerdere aansluitingen op benoemd zoals hierboven vermeld in figuur 14. De bedoeling is om het opgevangen water van de afspruitopstelling via een trechter (T) in het vat te gieten.



Figuur 15: symbool trechter

Bron: (gallery.proficad.com/symbols/, z.d.)

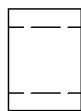
als we nu eenmaal het water in het vat gegoten hebben kunnen we de afsluiter van de trechter (V3) sluiten, en gaan we de afsluiter (V5) naar de filter openzetten. Zo kan de groffilter zijn werk al doen, deze werkt perfect onder atmosferische druk. Als volgt gaan we de luchtafsluiters (V1 en V2) opendoen en de vloeistof door de fijnfilter gaan duwen. Dit kunnen we realiseren doormiddel van een luchtdruk opstelling te gebruiken die bestaat uit 2 afsluiters en een drukregelaar in het midden te zetten.



Figuur 16: perslucht opstelling

Bron: eigenwerk

Nu gaan we ook de onderste afsluiter (V6) opendoen en het gefilterde water terug opvangen in een opvang bak.

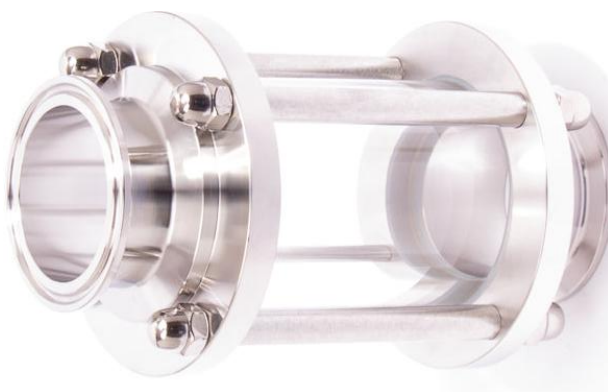


Figuur 17: symbool filter

Bron: (gallery.proficad.com/symbols/, z.d.)

4.1. De filters

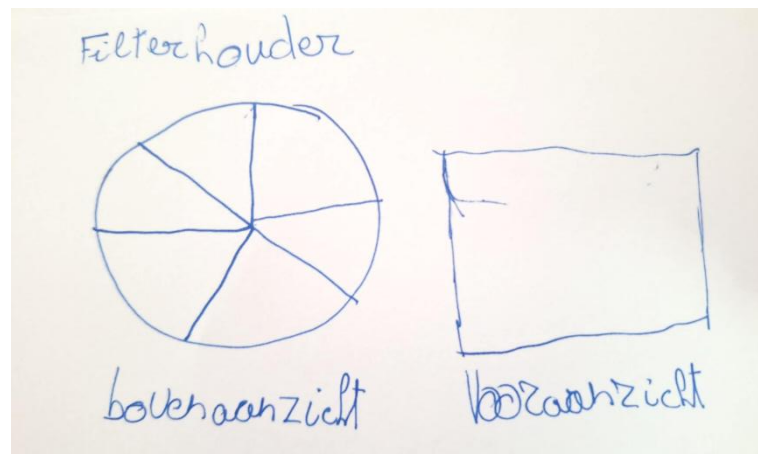
De zelf ontworpen filters werden geïntegreerd in de beschikbare kijkglazen van het systeem.



Figuur 18: kijkglas

Bron: ([Www.Crafthardware.de/En/Products/Biab-Umwaelzung-Kessel-Set-40l](https://www.Crafthardware.de/En/Products/Biab-Umwaelzung-Kessel-Set-40l), z.d.)

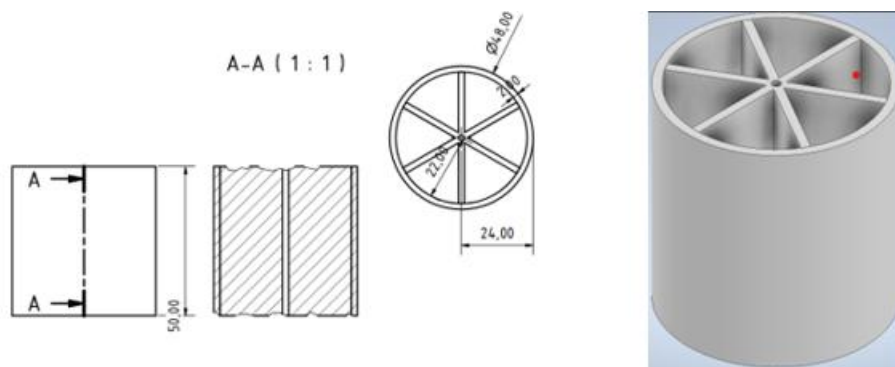
Om de filters op zijn plaats te houden, ontwikkelde we een houder voor deze functie. Deze houder is tot stand gekomen na het opmeten van het kijkglas, dit kijkglas heeft een binnendiameter van 47.5mm en een totale lengte van 163mm. Om de 4 fases te realiseren hebben we besloten dat we in één kijkglas 2 filters willen steken. Nu we deze informatie hadden, zijn we tot een concept gekomen en hebben dit op papier gezet. Het idee was om ons filtermateriaal vast te klemmen tussen 2 houders.



Figuur 19: filterhouder schets

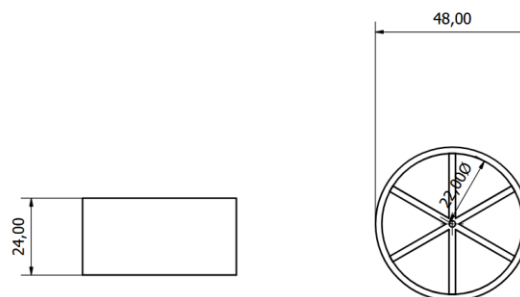
Bron: eigen werk

Vanuit deze eerste schets ontstond volgend ontwerp.



Figuur 20: tekening+filterhouder

Bron: eigen werk



Figuur 21: filterhouder koppeling kant

Bron: eigen werk

Om interne lekken in het filterhuis te voorkomen opteerde we op het laatste moment nog voor het plaatsen van een dichtingsring op de buitenste filterhouders.



Figuur 22: filterhouder met dichting

Bron: eigen werk

Tussen deze twee delen komt het filter materiaal, het lage deel komt boven- en onderaan in het kijkglas. Het hoge deel komt in het midden te zitten van het glas, tussen beide delen zitten met een afdichtingsring.

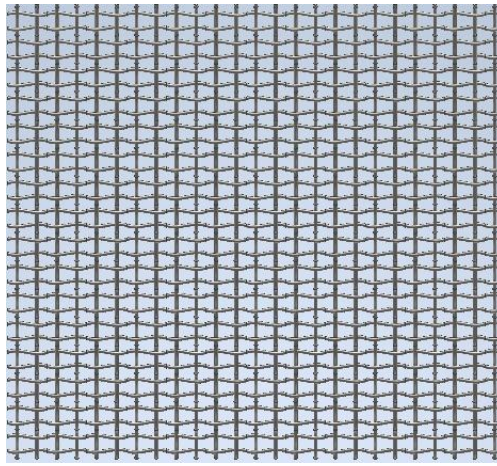
De filterhouder worden op hun plaats gehouden via moeren op een centrale draadstang. Dit wordt gedaan met de bedoeling dat de filter één geheel blijft en makkelijk te monteren valt.

4.1.1. Filtermateriaal

Zoals in het concept voorzien gaan we van grof naar fijn filteren. Hier is besloten om van grof naar fijn te gaan. Dit houdt in dat in ons eerste filterpatroon, de grove filtering gebeurt door 2 verschillende gazen. In het tweede patroon zitten filter elementen met fijnere doorgang.

4.1.1.1. patroon 1

Het eerste patroon begint met een mesh van 30, en wordt gevolgd door een gaas van 60. Dit gaas is gemaakt van inox 304, hetzelfde roestvrij staal als onze Tri-clamp onderdelen.



Figuur 23: gaas inventor

Bron eigen werk

4.1.1.2. patroon 2

Deze is de fijnfilter, en bestaat uit een filterdoek en een membraan filter. Deel 1 van filter 2, bestaat uit een filterdoek. Deze kan tot 25 micron filteren. Dit zal al grotere microplastics gaan filteren.



Figuur 24: filterdoek in zak vorm.

Bron: (www.filter-technics.be/nl/producten/vloeistoffilters/zakkenfilters, z.d.)

Dit is nog niet voldoende aangezien microplastics kleiner kunnen zijn dan 25 micron. Hier komt ons tweede deel bevat een cellulose nitrate membraan filter, welke kan filteren tot 5µm. Het is voor dit deel in de filter dat we een kleine overdruk gaan gebruiken, om de werking te verbeteren. De bedoeling is om met behulp van de perslucht de vloeistof door het membraan te duwen.



Figuur 25: disc filter cellulose nitrate membraan filter

Een bijkomend voordeel is dat deze al perfect op maat zijn voor het filterhuis. De cellulose nitraat membraan filter heeft een diameter van 47 mm, wat perfect past in de filter.

4.1.1.3. Debieten

De hoeveelheid water dat opgevangen wordt is afhankelijk van de druk waarmee de test gedaan is. De duurtijd per parameter werd vastgelegd op 10 seconden. Nu is de vraag, hoeveel liter water er op die bepaalde druk opgevangen is?

De drukken waarvoor het debiet dient berekend te worden zijn: 30, 100, 150, 200, 260 bar. We weten dat onze hogedrukreiniger een dibo ECN-M 260/16 is, een hogedrukreiniger die van 30 tot 260 bar gaat. We weten dat het debiet op 30 bar 3 liter per minuut (180 l/u) bedraagt, en op zijn maximum druk 260 bar is het debiet 16l per minuut (960 l/u) (https://www.dibo.com/system/files/2023-05/1%20780%20000%20ECN_site%20.pdf)

Tabel 1

Bron: eigen werk

P (BAR)	Q (L/UUR)	Q (L/SEC)	Q (L/10SEC)
30	180,00	0,05	0,50
100	417,39	0,12	1,16
150	586,96	0,16	1,63
200	756,52	0,21	2,10
260	960,00	0,27	2,67

Dit is berekend geweest met de interpolatie methode formule: $y = y_1 + \left(\frac{x-x_1}{x_2-x_1}\right) * (y_2 - y_1)$.

- y= debiet uitgerekend
- y1= 180 l/uur
- y2=960 l/uur
- x= verschillende drukken (zie kolom P)
- x1= 30 bar
- x2= 260 bar

5. Praktische uitvoering

5.1 Opbouw drukvat.

De start van het praktisch gedeelte, was het opbouwen van het drukvat. Dit vat is speciaal gemaakt om met tri-clamp onderdelen te werken. Het vat is 350 mm in diameter en heeft een totale hoogte van 480 mm, deze heeft een capaciteit van 40 liter. Ideaal dus voor onze toepassing.



Figuur 26: drukvat

Bron: (Www.Crafthardware.de/En, z.d.)

De onnodige openingen zijn geblind met blindstoppen, want wij hebben enkel nood aan de onderste opening. Ook is deze op een handige mobiele werktafel gemonteerd, zo staat de opstelling stabiel en is het makkelijk te vervoeren.



Figuur 27: blindstop en gemonteerd op het vat+ vast op statief

Bron: eigen werk

Verder zijn we aan het deksel van het vat begonnen. Hier wordt namelijk de luchtdruk opstelling en de trechter op gemonteerd.



Figuur 28: deksel met klem en bijhorende afdichting

Bron: (www.Crafthardware.de/En, z.d.)

We kunnen niet zomaar deze onderdelen op dit deksel monteren, hiervoor is er een adapter stuk nodig dat van een tri-clamp aansluiting naar een schroefdraad verbinding gaat. Dit adapter stuk gaat van tri-clamp naar een 1 inch schroefdraad verbinding.

Van hieruit kunnen we de trechter monteren. Hiervoor hebben we eerst een afsluiter van 1 inch gemonteerd, zo kan het vat luchtdicht gemaakt worden. Dan met een verloop mof van 1 inch met binnendraad is de trechter gemonteerd geraakt. Dit was nodig om genoeg materiaal te hebben om de trechter erop te kunnen schroeven.



Figuur 29: trechter opstelling en tri-clamp adapter

Bron: eigen werk

Voor onze luchtopstelling hebben we nog moeten verkleinen naar een kleinere schroefdraad, omdat dit nodig omdat de luchtdruk slang verbindingen hier om vroegen. We zijn vernauwd van 1 inch naar 3/8, op deze aansluiting heb ik mijn eerste afsluiter geplaatst.



Figuur 30: adapter+vernauwing 3/8 + afsluiter 3/8

Bron: eigen werk

Er werd geopteerd de luchtdruk regelbaar te maken. Hiervoor werd een regelaar van het merk ARO gebruikt, deze heeft een manometer ingebouwd.



Figuur 31: persluchtregelaar

Bron: eigen werk

Nu deze gemonteerd is, moeten we juist nog de tweede afsluiter en de insteeknippel voor de lucht monteren. Hier is er ook nog een vernauwing voorzien van 3/8 naar 1/4, om dezelfde reden dat onze luchtdrukvoorziening hier om vroeg. voor het praktisch en gemakkelijk koppelen van de luchtdrukslang werd een horizontale aansluiting geplaatst. Het vat is beveiligd met een veiligheidsafsluiter, welke is afgesteld op 0.2 bar. Dit betekent dat we eronder moeten blijven. Dit is geen probleem voor de filter, de lucht dient als hulpmiddel om het filteren te versnellen.

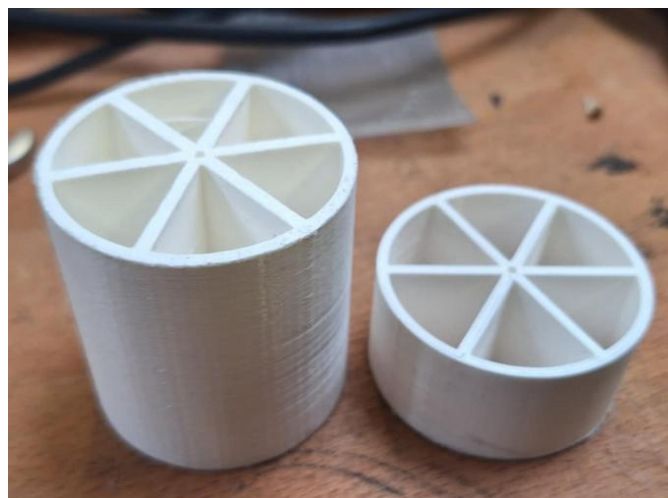


Figuur 32: perslucht opstelling volledig gemonteerd

Bron: eigen werk

5.2. Filter opbouw en montage.

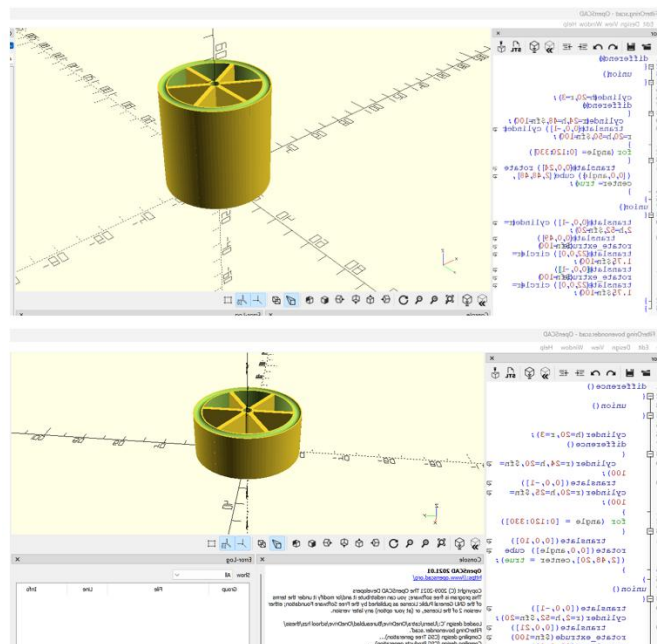
De eerste stap die we genomen hebben was het 3D-printen van de filterhouders, elk filterhuis heeft 2 lage en 2 hoge houders.



Figuur 33: filterhouder.

Bron: eigen werk

Na dat deze geprint waren zijn ineens getest of ze pasten , en of alles op de juiste plaats kwam te zitten. Hier zijn we op een probleem gelopen, de filterhouder was op zich als concept goed. Tijdens het in elkaar steken van de filter, werd er gerealiseerd dat de afdichtingsring niet op zijn plaats bleef zitten. Ook hebben we ontdekt dat centrale opening te smal was voor een draadstang door te steken. We zijn terug naar de tekentafel gegaan, en hebben onze filterhouder hertekent. Deze keer is de houder voorzien van een uitsparing voor een afdichtingsring en hebben de opening naar 4 mm gebracht.



Figuur 34: nieuwe tekening lage+hoge houder

Bron: eigen werk

De aanpassingen aan het concept voldeden aan de verwachtingen: de o-ring werd op zijn plaats gehouden en de centrale opening was nu voldoende groot.



Figuur 35: nieuwe houder volledig

Bron: eigen werk

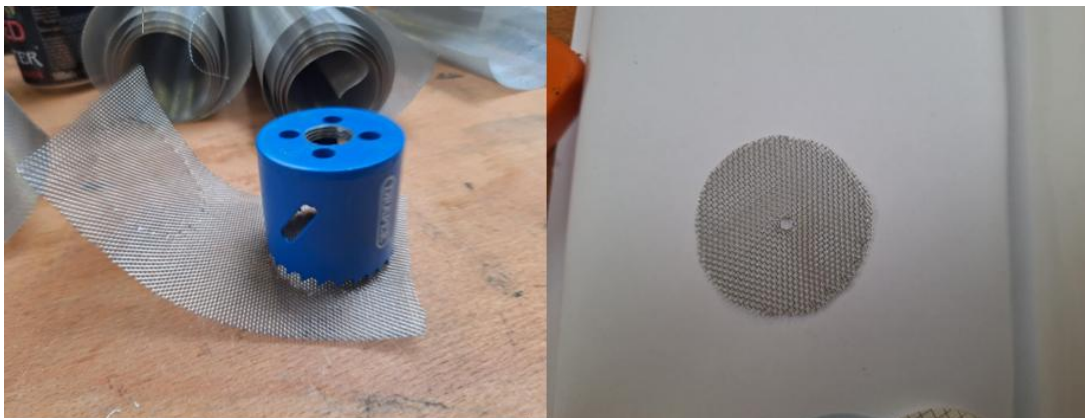
Filter 1 is tot stand gekomen doormiddel van het filter gaas 60 mesh en 30 mesh op maat te knippen.



Figuur 36: gaas mesh 60 en 30

Bron: eigen werk

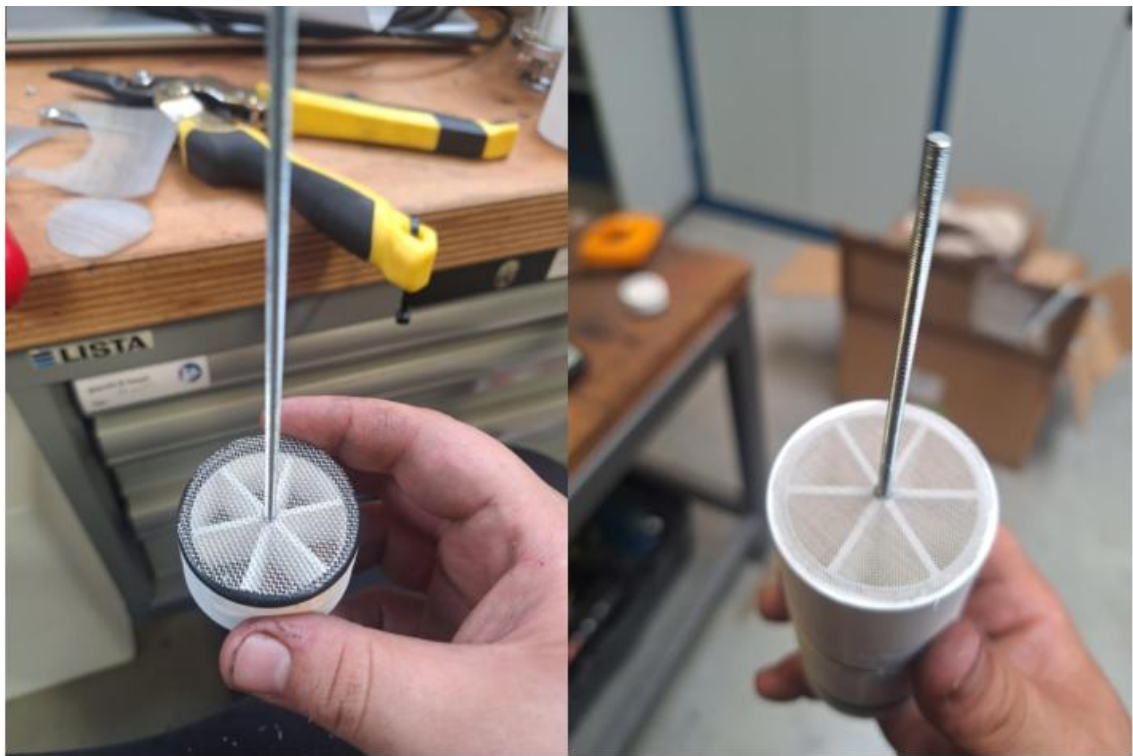
Hier is de hulp van een gatenzaag van 48 mm, en een plaatschaar van gekomen. De gatenzaag heeft als een soort pons gediend dat de vorm van de filter moest zijn, met de plaatschaar is deze vorm uitgeknipt geweest.



Figuur 37: gaas geponst en geknipt

Bron: eigen werk

Dit is ook gebeurd met het gaas van 60 mesh. Nu kan patroon 1 in gemonteerd worden, we werken van onder naar boven, dus eerst de 30 mesh en dan de 60 mesh. Op zich maakt hier de volgorde niet uit, aangezien de mogelijkheid bestaat om het patroon 180 graden te draaien. Tussen elke houder zit ook een afdichtingsring. De centrale opening werd voorzien van een 3mm gat.



Figuur 38: opbouw filter 1

Bron: eigen werk

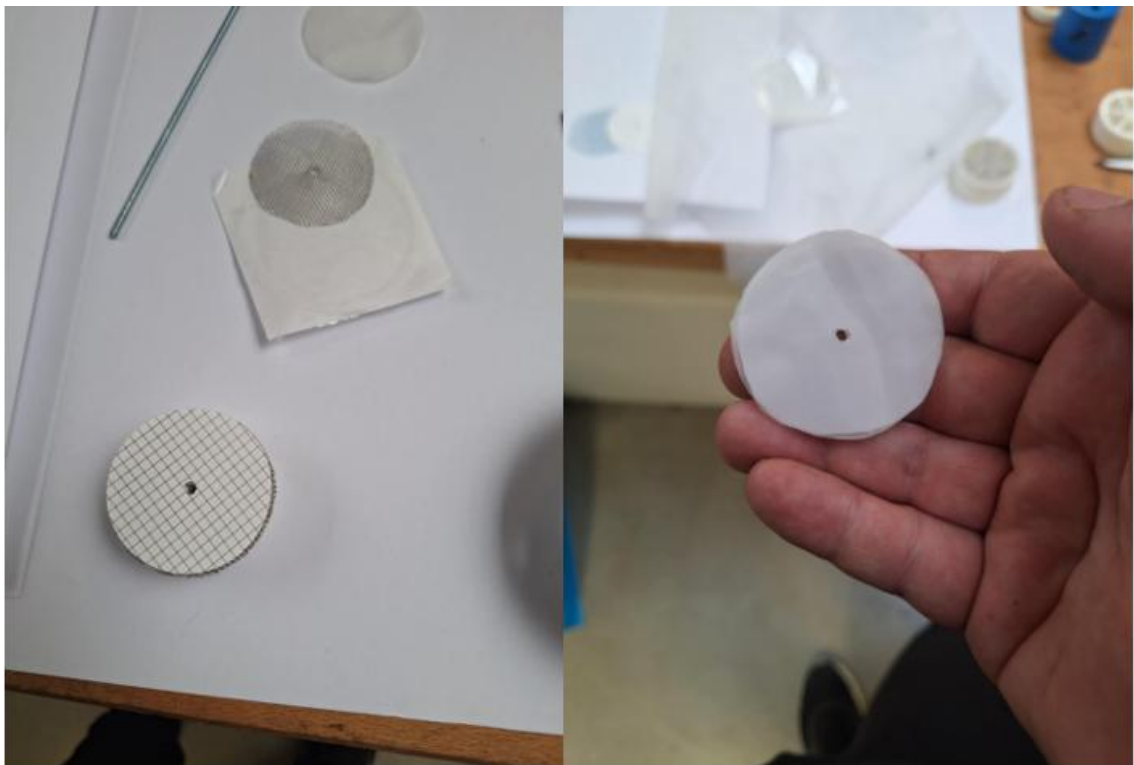
Met de draadstang worden de filterhouders bij elkaar gehouden, en de dichtingsringen aangedrukt.



Figuur 39: filter 1 compleet

Bron: eigen werk

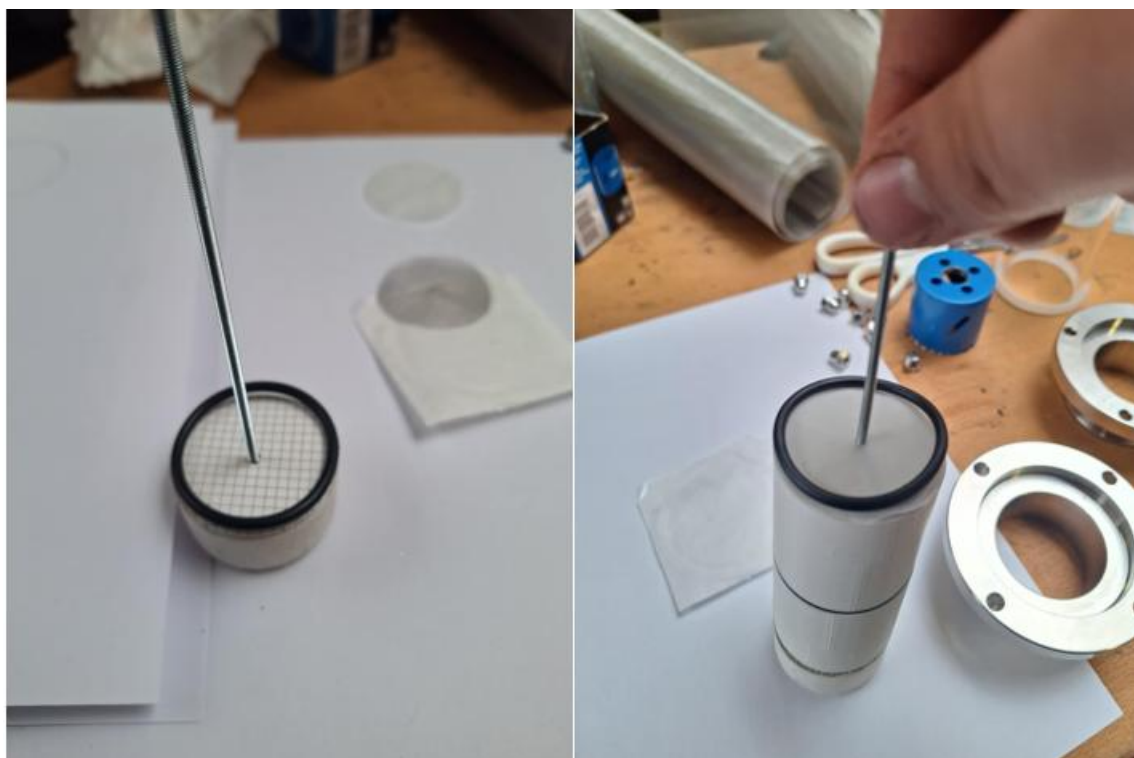
Op deze manier wordt ook de tweede filter ook gemonteerd. Als ondersteuning voor de fijnfilters voorzien we extra gaas. De filterdoek van 25 micron werd op maat geknipt. Zoals eerder opgemerkt was de membraan filter passend



Figuur 40: fijnfilters

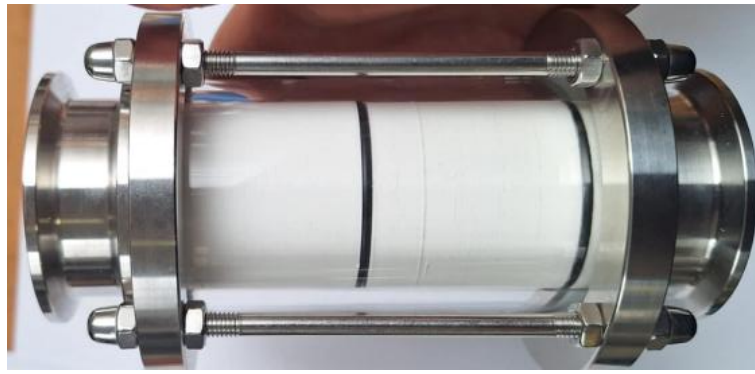
Bron: eigen werk

Werkwijze bij patroon 2 is dezelfde als bij patroon 1



Figuur 41: opbouw filter 2

Bron: eigen werk



Figuur 42: filter 2 compleet

Bron: eigen werk

Verder kan u de opbouw en demontage van de filters in detail bekijken in de meegeleverde handleiding, zie bijlage 4

Om de 2 filters te monteren voorzien we een verloopstuk.



Figuur 43: overgang van 1inch naar 2 inch

Bron: eigen werk

We monteren een afsluiter voor de filterbehuizingen om vulling en filtratie van elkaar te scheiden te Volgens het schema dient er een afsluiter gemonteerd te voor de filter, dus dat is eerst gebeurd en dan volgt de eerste filter (zie foto 14).



Figuur 44: filter gemonteerd

Bron: eigen werk

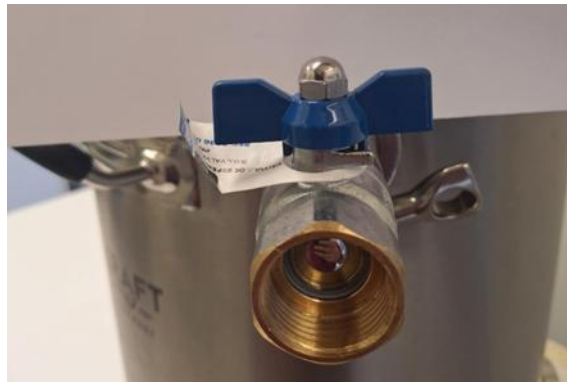
Na het tweede filter patroon is het mogelijk om een tweede afsluiter te plaatsen, om lek water te vermijden. Tussen elke Tri-clamp verbinding dient zijn bijhorende dichting gemonteerd te worden



Figuur 45: dichting Tri-clamp

Bron: eigen werk

Nu de opstelling compleet is gaan we deze testen met water. Er is geopteerd dat er een ontluchtingskraantje aanwezig moet zijn, want het water liep niet vlotjes door in het vat.



Figuur 46: ontluchtingsafsluiter

Bron: eigen werk

De opstelling is zo geplaatst dat de filters eenvoudig bereikbaar zijn, en er plaats is voor eventueel nodig gereedschap of voorwerpen te leggen.



Figuur 47: complete opstelling

Bron: eigen werk

6. Conclusie

Het ontwerp en de bouw van een filter installatie, voor de testopstelling van het hogedrukreinigen van verven, heeft geleidt tot het hierboven beschreven prototype. We zijn in staat om deeltjes uit waswater te filteren met groottes van 500 micrometer tot 5 micrometer, dankzij een 4 stappen filtratie. We maken gebruik van gaas mesh 30 en 60, over filterdoek van 25 micrometer tot een cellulose nitraat membraanfilter van 5 micrometer.

Het filtermateriaal kan makkelijk uit de houders genomen worden, om de gefilterde deeltjes in detail te bestuderen. De installatie werd meermaals getest, en voldoet aan de vooropgestelde verwachtingen. Toekomstige aanpassingen zijn makkelijk te integreren dankzij het modulaire systeem van Tri-clamp.

Indien er wordt overwogen om zware metalen te filteren, dient een vorm van coagulatie toegepast te worden.

7. bibliografie

Bp|source.com. (2024). <https://bp|source.com/>

Coagulation. (2019, december 20). <https://www.dober.com/water-treatment/resources/wastewater-coagulation>

D'Hondt, P., Lucht, A., & Milieumaatschappij, V. (2013). *D'hondt*.

Emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/selectiesystemen/wass/technieken/coagulatie-en-flocculatie. (z.d.).

Geraadpleegd 3 juni 2025, van <https://emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/selectiesystemen/wass/technieken/coagulatie-en-flocculatie>

Emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/techniekfiches/zeef-rooster. (2010). <https://emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/techniekfiches/zeef-rooster>

Filtersystemsaustralia.com.au. (2022). <https://www.filtersystemsaustralia.com.au/>

Gallery.proficad.com/symbols/. (z.d.). Geraadpleegd 1 juni 2025, van <https://gallery.proficad.com/symbols/>

Hoochemtec.com/flocculant-water-treatment/. (2023). <https://www.hoochemtec.com/flocculant-water-treatment/>

Hoochemtec.com/water-treatment-coagulant/. (2023). *Hoo Chemtec*. <https://www.hoochemtec.com/water-treatment-coagulant/>

M-Filter. (2015). *M-filter.nl/*. M-Filter. <https://m-filter.nl/en/>

Www.copierwater.com/producten/elektrocoagulatie/. (z.d.). Copier Water. Geraadpleegd 3 juni 2025, van <https://www.copierwater.com/producten/elektrocoagulatie/>

Www.crafthardware.de/en. (z.d.). Craft Hardware. Geraadpleegd 4 juni 2025, van <https://www.crafthardware.de/en>

Www.crafthardware.de/en/products/biab-umwaelzung-kessel-set-40l. (z.d.). Craft Hardware. Geraadpleegd 1 juni 2025, van <https://www.crafthardware.de/en/products/biab-umwaelzung-kessel-set-40l>

Www.filter-technics.be/nl/producten/vloeistoffilters/zakkenfilters. (z.d.). Filter-Technics. Geraadpleegd 2 juni 2025, van <https://www.filter-technics.be/nl/producten/vloeistoffilters/zakkenfilters>

Www.indiamart.com/proddetail/ss-disc-filter-mesh-20837958597.html. (z.d.). Indiamart.Com. Geraadpleegd 20 mei 2025, van <https://www.indiamart.com/proddetail/ss-disc-filter-mesh-20837958597.html>

Www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/electrocoagulation-process. (z.d.). Geraadpleegd 21 mei 2025, van <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/electrocoagulation-process>

<https://emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/selectiesystemen/wass/form> (ingevoerde gegevens WASS)

<https://m-filter.nl/inhoud/uploads/brochure-cn.pdf>

[https://emis.vito.be/sites/emis/files/articles/2115/2013/Zware metalen in het grondwater.pdf](https://emis.vito.be/sites/emis/files/articles/2115/2013/Zware%20metalen%20in%20het%20grondwater.pdf)

https://www.dibo.com/system/files/2023-05/1%20780%20000%20ECN_site%20.pdf

8. lijst van bijlagen

bijlage 1: WASS systeem	30
bijlage 2: selectie van filtratiemethodes	34
bijlage 3: datasheet membraan filter	35
bijlage 4: handleiding filtratiesysteem.....	36

Algemeen

Debiet- of samenstellingsvariatie ?

- ☐ ja
☒ nee

pH ?

- ☐ pH < 5
☒ 5 ≤ pH < 8
☐ pH ≥ 8

Temperatuur [°C] ?

- ☒ T ≤ 50
☐ T > 50

ZS [mg/l] ?

- ☒ ≤ 500
☐ > 500

ZS verwijderen

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

Afscheidbaarheid ?

- ☒ goed
☐ slecht

Bezinkbaarheid ?

- ☒ goed
☐ slecht

Totaal kiemgetal verwijderen ?

- ☐ ja
☒ nee

Geen enkele verregaande verwijdering ?

- ☐ ja
☒ nee

bijlage 1: WASS systeem

Storende stoffen

Olie of vet van biologische oorsprong ?

- ☒ >100
☐ ≤100

Olie of vet van biologische oorsprong verwijderen

- ☒ ja
☐ vergaand
☐ nee

Minerale olie [mg/l] ?

- ☐ aanwezig
☒ niet aanwezig

Minerale olie verwijderen

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

Grove delen ?

- ☒ aanwezig
☐ niet aanwezig

Zand ?

- ☒ aanwezig
☐ niet aanwezig

Emulsie ?

- ☒ aanwezig
☐ niet aanwezig

BZV [mg O₂/l] ?

- ☒ BZV < 150
☐ 150 ≤ BZV < 300
☐ BZV ≥ 300

BZV verwijderen

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

CZV [mg O₂/l] ?

- ☒ < 2000
☐ > 2000

CZV verwijderen

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

CZV/BZV ?

- ☒ CZV/BZV ≤ 5
☐ > 5

PAKs [mg/l] ?

- ☒ ≤ 1
☐ > 1

PAKs verwijderen

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

PAKs toxisch

- ☐ ja
☒ nee

AOX/EOX verwijderen ?

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

AOX/EOX toxisch

- ☐ ja
☒ nee

VOX [mg/l] ?

- ☒ ≤ 10
☐ > 10

VOX verwijderen

- ☒ ja
☐ vergaand
☐ nee

VOX toxisch

- ☒ nee
☐ ja

BTEX [mg/l] ?

- ☒ ≤ 10
☐ > 10

BTEX verwijderen

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

BTEX toxisch

- ☐ ja
☒ nee

Persistente organische stoffen toxisch ?

- ☐ ja
☒ nee

Persistente organische stoffen verwijderen

- ☐ ja
☒ nee
☐ vergaand

Nutriënten

BZV/N ?

- ☐ <20
☒ ≥20

Kj.N verwijderen

- ☐ ja
☒ nee

NH₄⁺ [mg/l] ?

- ☒ ≤ 500
☐ > 500

NH₄⁺ verwijderen

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

NO₃⁻ verwijderen ?

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

NO₂⁻ verwijderen ?

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

BZV/PO₄⁻³ ?

- ☐ < 50
☒ ≥ 50

(ortho-)PO₄⁻³ verwijderen ?

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

Metalen

Metalen verwijderen

- ☒ ja
☐ vergaand
☐ nee

Metalen toxisch

- ☒ ja
☐ nee

Metalen recupereren

- ☒ ja
☐ nee

Cr(VI) verwijderen ?

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

Cr(VI) toxisch (> 5 mg/l) ?

- ☐ ja
☒ nee

Anorganische zouten

CN- verwijderen

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

CN- toxisch (> 1mg/l)

- ☐ ja
☒ nee

SO₄-2 verwijderen

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

SO₄-2 toxisch ?

- ☐ ja
☒ nee

Cl- verwijderen

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

S-2 verwijderen

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

S-2 toxisch ?

- ☐ ja
☒ nee

F- verwijderen

- ☐ ja
☐ vergaand
☒ nee

F- toxisch ?

- ☐ ja
☒ nee

Totaal zoutgehalte verwijderen

- ☒ ja
☐ vergaand
☐ nee

FYSICOCHEMIE ZUIVERING

- ↳ **grofvuilverwijdering**
 - ↳ [roosters en zeven](#)
- ↳ **zand verwijdering**
 - ↳ [zandvanger](#)
- ↳ **emulsie breken**
 - ↳ [emulsie breker](#)
- ↳ **olie en vet afscheiden**
 - ↳ [olie-waterafscheider](#)
- ↳ **coagulatie en flocculatie (FC)**
 - ↳ [coagulatie en flocculatie](#)
 - ↳ [electrocoagulatie](#)

bijlage 2: selectie van filtratiemethodes

mdi Cellulose Nitrate membrane disc filters are white, hydrophilic, non-biodegradable filters for filtration of aqueous solution.



0.2 µm	20 ml/min/cm ²
0.45 µm	45 ml/min/cm ²

Special Features

- Absolute Retention
- Hydrophilic
- Non-media migrating
- High flow rates
- Biologically inert

Applications

- Water analysis
- Sterility testing
- Filtration of aqueous solutions
- Product and water Microbiology

Specifications

Pore Size

0.2µm, 0.45µm, 0.8µm, 1.2µm, 5µm

Bubble Point

0.2 µm	≥ 50 psi
0.45 µm	≥ 32 psi

Thickness

135 ± 15µm

Material of Construction

Cellulose Nitrate

Sterilization

Autoclavable at 121°C for 30 minutes

Retention Efficiency

0.2 µm	LRV>7 for <i>B. diminuta</i>
0.45 µm	LRV>7 for <i>S. marcescens</i>

Ordering Information

Type		Size		Pore Size		XX XX		Sterility		Pack Size	
	Code		Code		Code				Code		Code
CN	CNXX	13 mm	03	0.2 µm	01	Non Sterile 1 100 04					
		25 mm	06	0.45 µm	02						
		47 mm	09	0.8 µm	03						
				1.2 µm	10						
				5 µm	07						
EXAMPLE	CNXX	09		01		XX	XX	1			04

Handleiding Filtratiesysteem

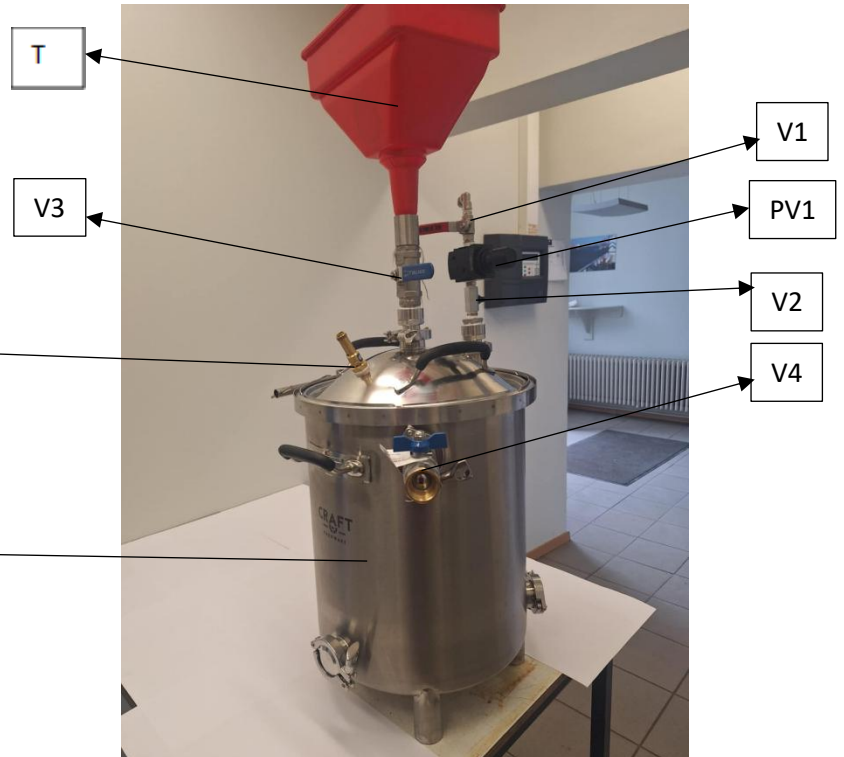
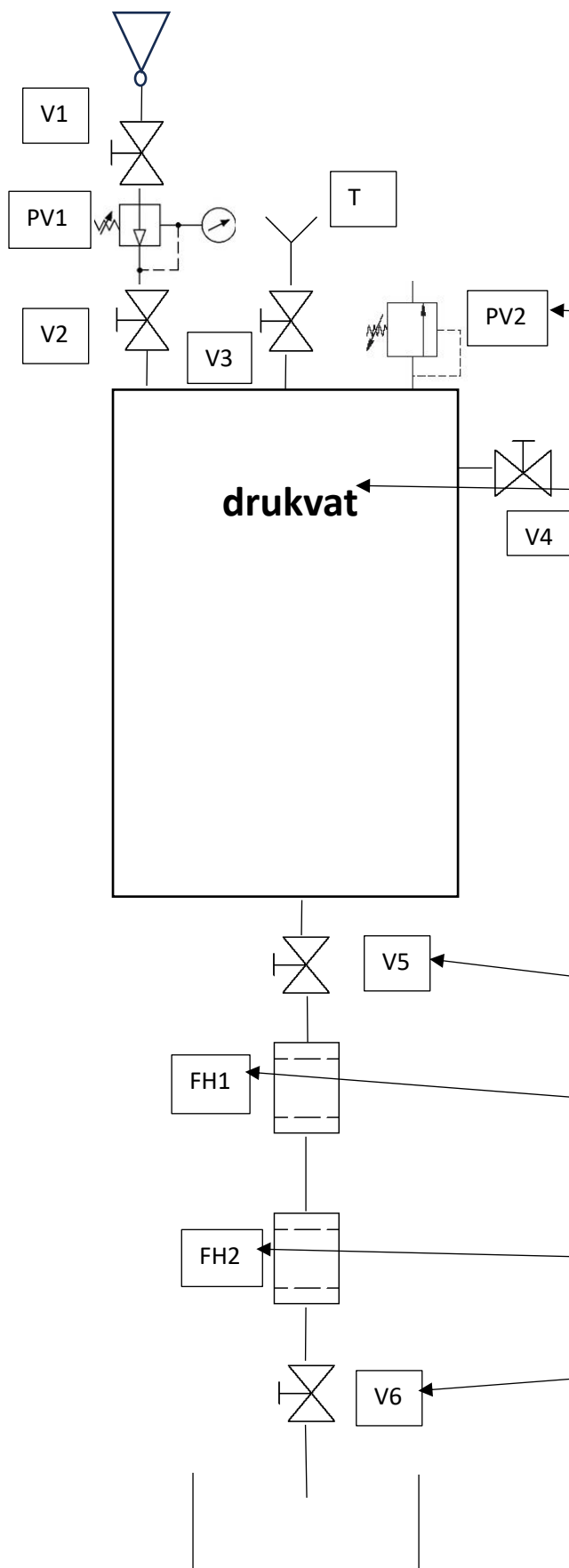
Lieven Lamot

academiejaar: 2024-2025

Inhoud

1.	Filtratiesysteem	38
1.1.	In werking nemen filtratie systeem	39
1.2.	Filtratiesysteem stoppen	39
2.	demontage filter.....	40
3.	Opbouw filter	46
3.1.	Filter 1 grof filter.....	46
3.2.	Filter 2: fijnfilter	51

1. Filtratiesysteem



Legende:

- V1= persluchtafsluiter
- V2=persluchtafsluiter
- V3= afsluiter trechter
- V4= ontluchtingsafsluiter
- V5= scheidingsafsluiter filter en vat
- V6= eindafsluiter ter preventie van doorlekking
- T= trechter
- PV1= drukregelaar
- PV2= veiligheidsafsluiter (0,2 bar)
- FH1= groffilter
- FH2= fijnfilter

Foto van uiteindelijke installatie met de componenten aangeduid vindt u in de bijgeleverde handleiding in de bijlage.

1.1. In werking nemen filtratie systeem

- 1) Open afsluiters V3 en V4
- 2) Giet voorzichtig het te filteren medium in het vat
- 3) Laat alle andere afsluiters gesloten tijdens het vullen
- 4) Sluit afsluiters V3 en V5 zodra het medium volledig is toegevoegd
- 5) Open afsluiters V5 en V6
- 6) Laat de groffilter zijn werk doen, merk op dat het medium al gedeeltelijk door de fijnfilter naar de opvangbak stroomt, dit komt door de zwaartekracht
- 7) Open afsluiters V1 en V2, om zo perslucht toe te voegen om het proces te versnellen

1.2. Filtratiesysteem stoppen

- 1) Sluit afsluiters V1 en V2 om de luchttoevoer te stoppen
- 2) Open afsluiter V4 om de resterende druk van het systeem te halen
- 3) Sluit afsluiter V5 zodat we het vat en filter kunnen scheiden
- 4) Sluit Afsluiter V6 om lekwater te voorkomen
- 5) Maak de klem boven FH1 los
- 6) Demonteer afsluiter V6 van de filterpatronen

2. demontage filter



- scheid patroon 1 en patroon 2 van elkaar.



Nu wordt de filter gedemonteerd.

- 1) Dopmoeren met sleutel 10 losmaken



- 2) Als deze los zijn gelieve de boven flens van het patroon te halen.



- 3) Haal het glas van het huis af en draai de filter om.



- 4) Duw het filter element uit de onderste flens.



- 5) Vervolgens het element uit elkaar halen. Eerst de moer losmaken, gebruik hier een dop van 5,5 voor.



- 6) Nu haal je het element uit elkaar, gebruik het vork om de filterelement eraf te halen



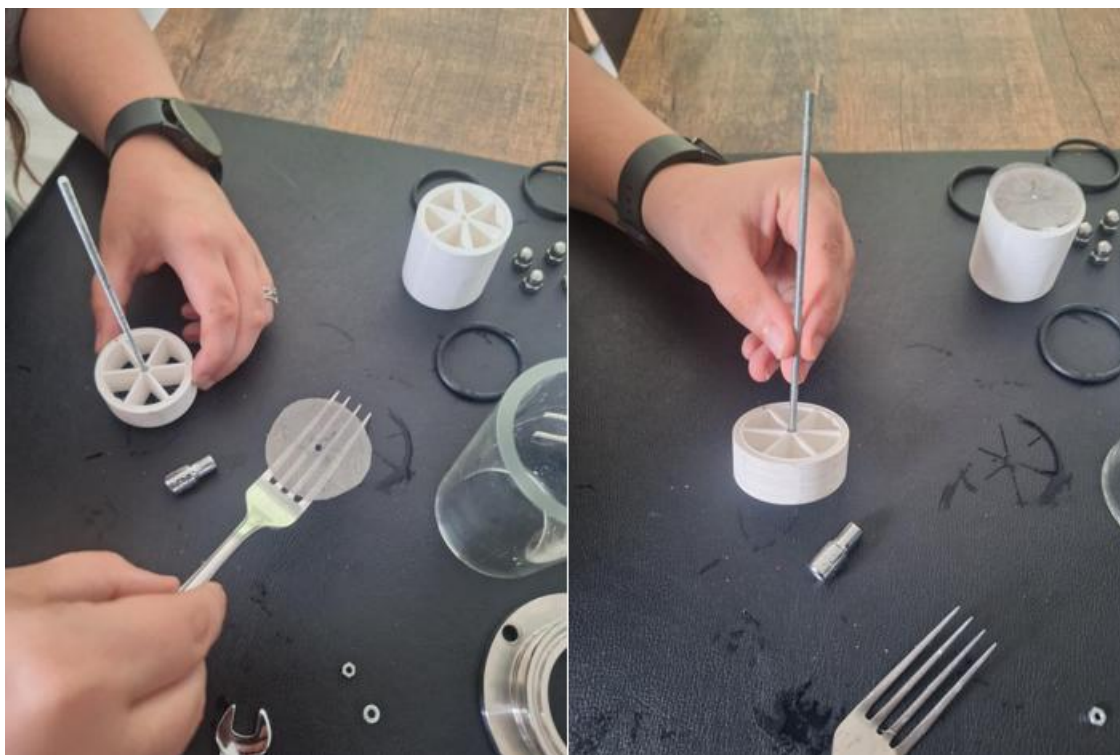
- 7) Ga zo verder in deze volgorde.
1



2



3



8) Gebruik deze stappen om het patroon 2 te demonteren.

3. Opbouw filter

3.1. Filter 1 grof filter

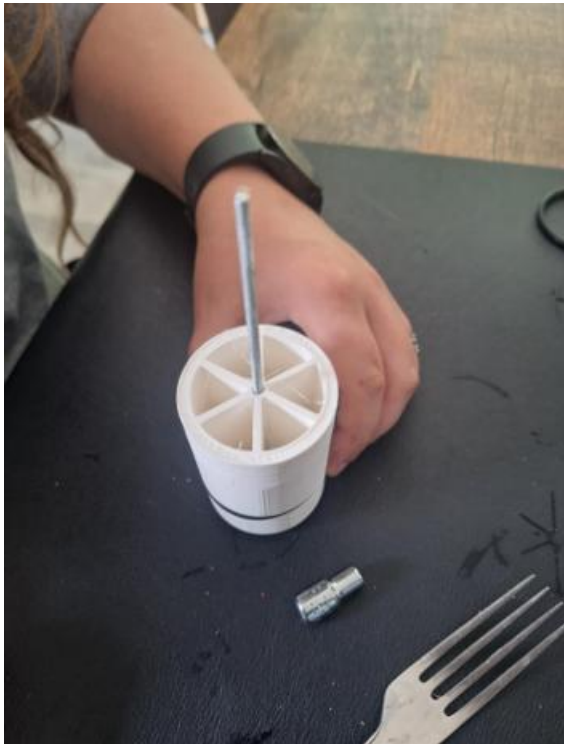
- 1) Hier begin je met het onderste deel van de filter houder.



- 2) Werk van onder naar boven. De fijnste eerst en dan de grove filter, steek tussen elk deel zijn afdichting.
- Monteer de fijne gaas met een o-ring



- Vervolgens monteer je het tweede deel van de houder met telkens een o-ring tussenin. Daarop leg je dan de groffilter.



- Ook hier een o-ring plaatsen.



- Tenslotte het bovenste deel erop zetten en de ronder en moer te bevestigen en aandraaien.



- Dit is het resultaat:



3) Nu steek je het element terug in zijn huis.



- Vervolgens het kijkglas en de bovenste flens te monteren. Een aandachtspunt, let wel op dat de siliconen afdichting goed zit.

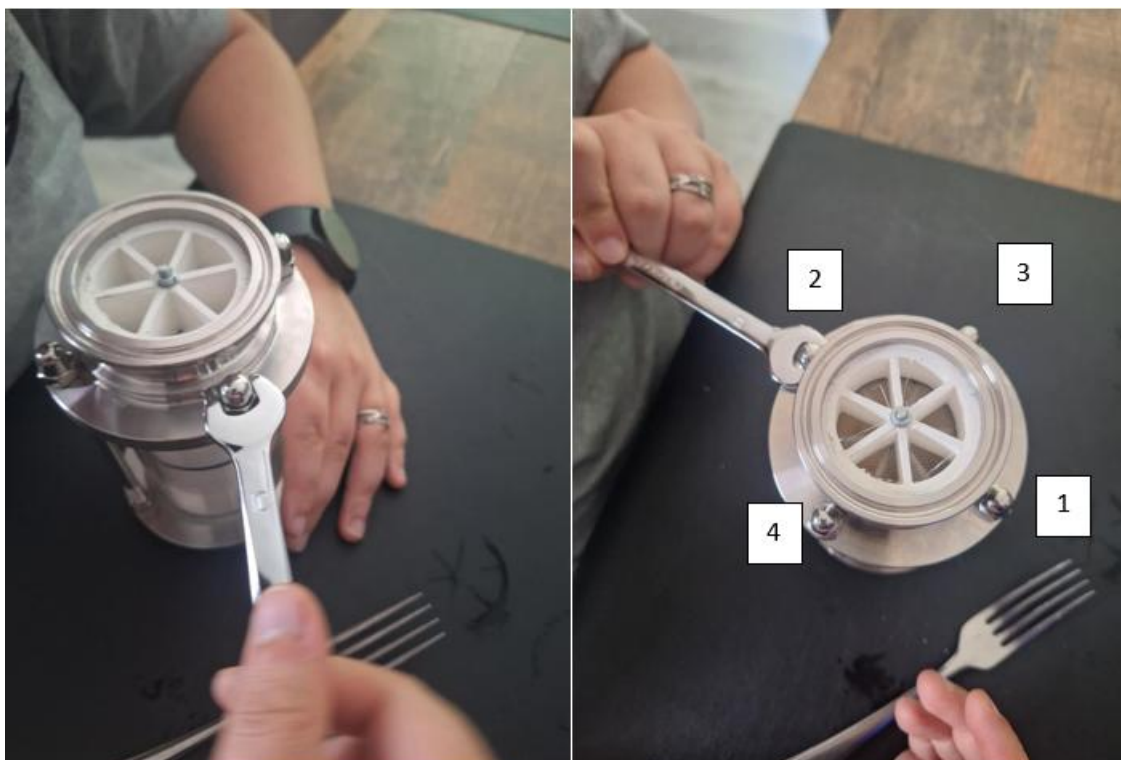
1



- Dan dienen de dopmoeren terug gemonteerd te worden.



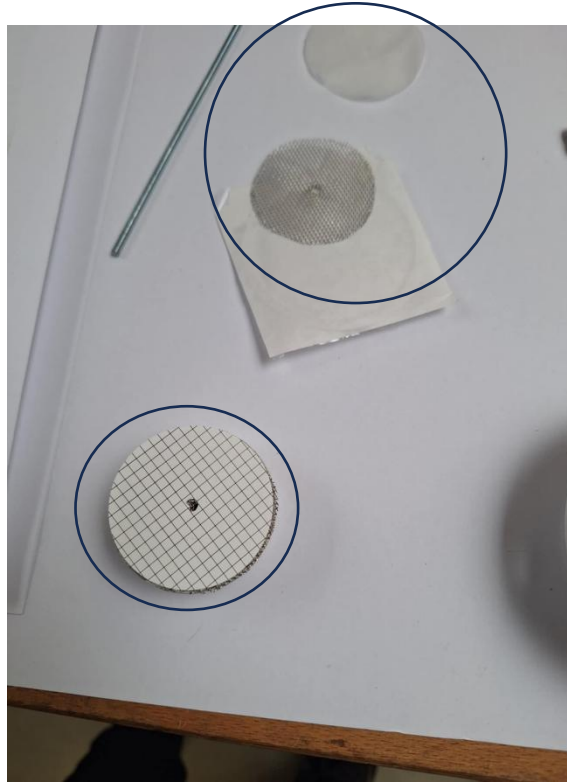
- Tenslotte draai je de moeren aan



Opmerking: bij een flens verbinding dienen de moeren diagonaal aangedraaid te worden zoals u op de afbeelding te zien is, welke volgorde is niet van belang de manier waarop wel.

3.2. Filter 2: fijnfilter

- 1) dit gebeurt op dezelfde manier als patroon 1. Wel worden de filterelementen ondersteunt door een gaas.



- 2) Nu begin je de opbouw van patroon 2.
 - Ga ook weer van fijn naar grof te werk hier, met elk zijn afdichting









- Ook hier niet vergeten om diagonaal aan te draaien.

3) Vervolgens beide patronen terug op elkaar monteren, met tussen in zijn dichting



- Tenslotte alles vastzetten met de klem



Dit geheel kan terug onder het vat gemonteerd worden.