

## Project Output 03

Life-time pilot test station for novel electrolyser concepts (ATS)

Soraya Sluiter

---

**Interreg**   
EUROPEAN UNION  
**2 Seas Mers Zeeën**  
European Regional Development Fund



# Table of Contents

---

<b>1. Introduction .....</b>	<b>3</b>
1.1 Project Background .....	3
1.2 Life-time pilot test station Unit Objectives .....	3
1.3 Aim of the document .....	3
<b>2. Documentation ATS.....</b>	<b>4</b>
2.1 Specifications & Scope.....	4
2.2 Basic design .....	4
2.3 Safety .....	5
2.3.1 HAZOP assessment .....	5
2.4 Design ATS .....	7
2.5 Commissioning.....	7
2.6 Operation manual .....	8
<b>3. ATS construction .....</b>	<b>9</b>
<b>4. Appendix 1 HAZOP actions .....</b>	<b>10</b>

# 1. Introduction

---

## 1.1 Project Background

The coastal areas of the 2 Seas region combine (future) availability of renewable energy with strong industrial activity. This leads to the common challenge of handling renewable energy surpluses, diversifying feedstocks in the chemical industry, reducing greenhouse gas emissions in energy intensive industry, and meeting societal and regulatory demands on advanced fuels and sustainable chemicals. "Power-to-X" concepts, using (renewable) electricity as a replacement for oil and gas energy sources in the production of chemical products, allow for the combination of a solution to these challenges with the creation of valuable products. However, several technical and economic hurdles still need to be overcome. These are related to the cost of renewable hydrogen, the technological immaturity of novel electrochemical processes, and the need for demonstrators and business case calculations to convince industry to invest in further development and implementation of these technologies.

## 1.2 Life-time pilot test station Unit Objectives

The Life-time pilot test station for novel electrolyser, O3, contributes to the removal of technological barriers for implementation of the production of green hydrogen via water electrolysis (WE). The current high costs of electrolysers, mainly based on proton exchange membrane (PEM) WE, is one of the bottlenecks for widespread implementation of such Power-to-H<sub>2</sub> and Power-to-X systems. Electrolysis in alkaline media enables the use of inexpensive components, such as catalysts and bipolar plates. Therefore, alkaline and anion exchange membrane (AEM) water electrolysers start to get more attention and are being developed worldwide. The Alkaline electrolyser Test Station (ATS) has been designed to test these alkaline electrolyser concepts, with a focus on lifetime of various components.

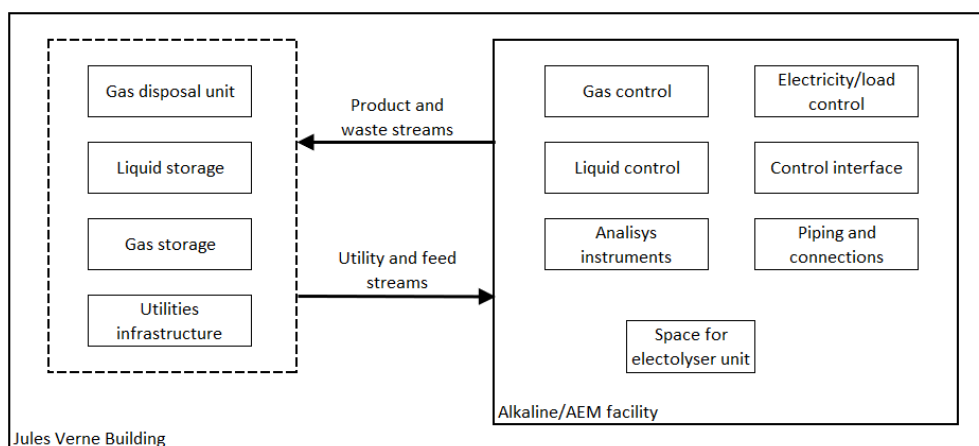
## 1.3 Aim of the document

This document is intended to present and illustrate the construction of the Life-time pilot test station for novel electrolyser, the ATS. The ATS is a flexible test installation that can be used for testing of both AEM and alkaline WE cells and stacks.

## 2. Documentation ATS

### 2.1 Specifications & Scope

The scope of the project is the facility to feed and remove media to and from the electrolyser stack, excluding the electrolyser stack itself (Figure 1). The deliverable is a fully functional facility ready to be coupled to a Alkaline or AEM electrolyser stack or cell. The Alkaline/AEM facility will receive fluids from the JV building utilities and feedstocks, while sending back product and waste streams. The objective of the Alkaline/AEM test facility is to be able to test (commercially available) electrolyser stacks under variable feeding and performance conditions (Table 1).



**Figure 1:** Battery limits drawing of the Alkaline/AEM facility

**Table 1:** Specifications ATS

Capacity	Feed flow: 0-1L/min water Max. H <sub>2</sub> production rate: 4 NL/min Max O <sub>2</sub> production rate: 2 NL/min
Current range	0-100 A
Voltage range	0-30 V
Gas pressure	0-30 bar
Operation temperature	25-90 °C
Electrolyte concentration	0-30 wt% KOH

### 2.2 Basic design

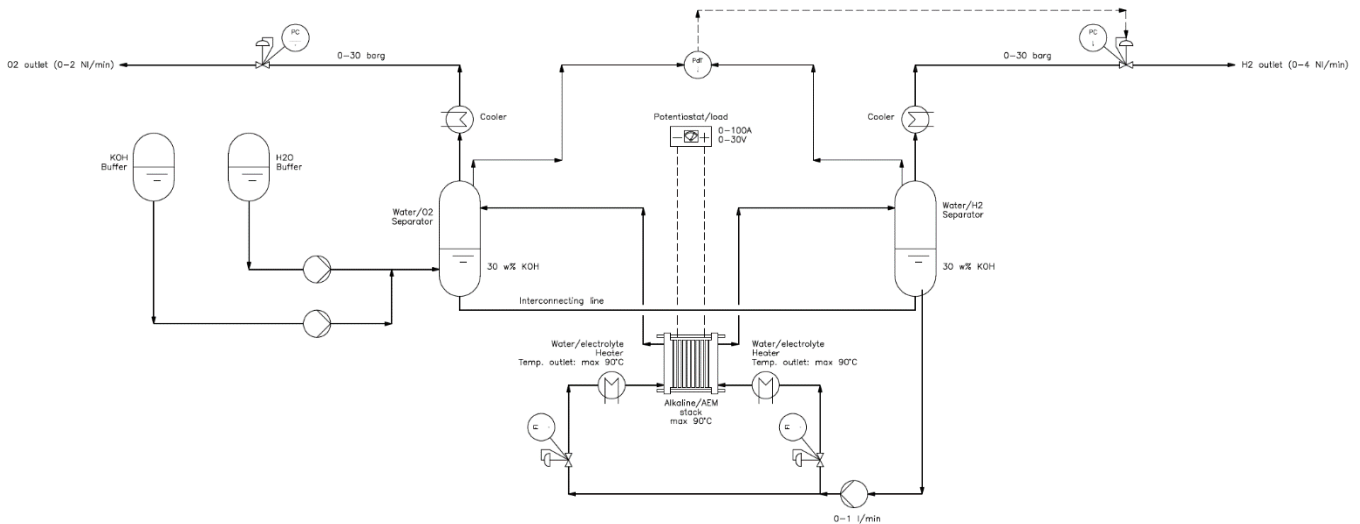
Figure 2 shows the Process Flow Diagram (PFD) of the ATS unit.

The unit is divided into 8 sections:

1. the anode water/KOH feed/recirculation section,
2. the cathode water/KOH feed/recirculation section
3. the Electrolyser unit (not in scope of the facility),
4. the electrical load/potentiostat unit,
5. the hydrogen product gas discharge section and
6. the oxygen product gas discharge section.

## E2C -Output 3

7. Process water/KOH feeding section
  8. Nitrogen feeding section for process and safety purposes
- b. In the design phase, it is strived for to prevent, or at least to minimize, the necessity of SIL qualification of control loops.
  - c. The gaseous emissions from the stack(s) must be accorded by QSHE at the Petten location.
  - d. The regulations/guidelines regarding noise apply to the unit (ARBO).



**Figure 2:** PFD of the Alkaline/AEM facility.

## 2.3 Safety

For the operation of the ATS, risks of the personnel must be prevented at the source or reduced as much as possible to secure the safety and health of the personnel. In order to meet these requirements, the ATS unit incorporates the following design issues such that an optimum operating environment for the personnel is ensured:

- Adequate provisions against noise at all working places;
- Execution and layout of the unit parts inclusive finishing of working places such that easy cleaning is possible;
- Provision of escape routes;
- Unit control positioned within the JV-building;

The design and operation of the facility will be conducted with minimal environmental impact in focus.

The risk assessment of the process indicated that a HAZOP assessment are required.

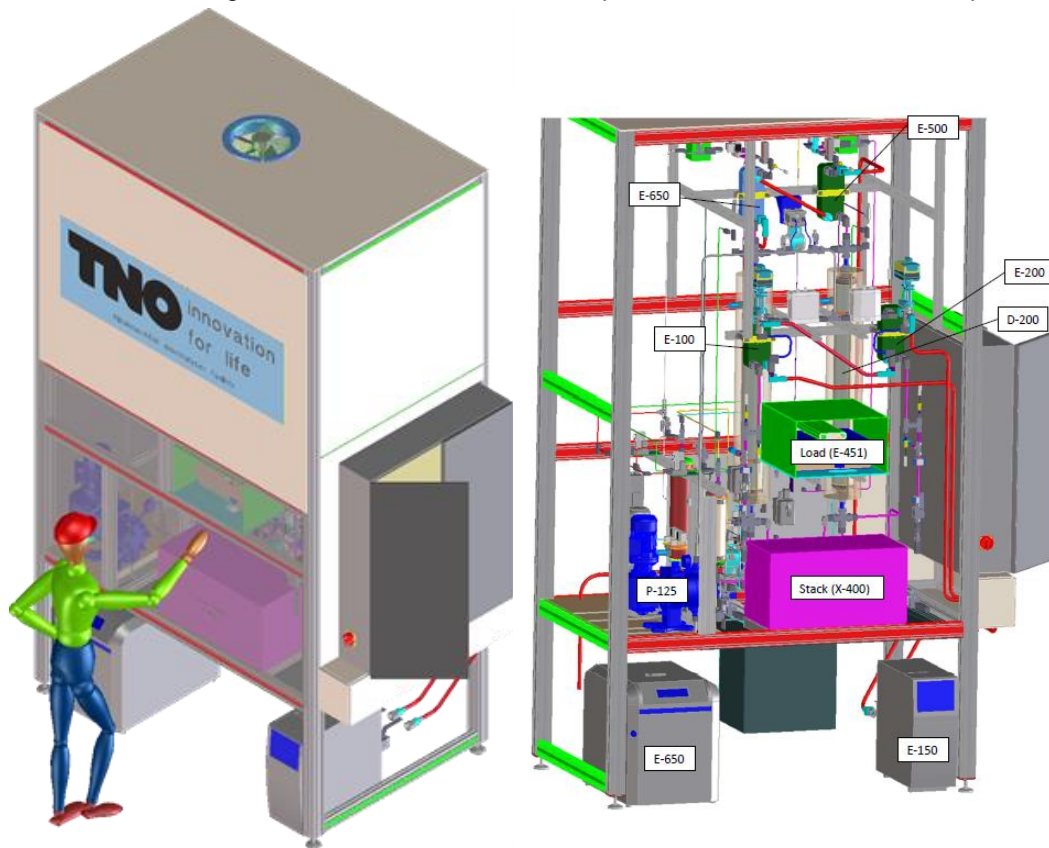
### 2.3.1 HAZOP assessment

During the detailed engineering phase, at the moment the P&ID was frozen, a HAZOP assessment of the ATS lay-out was made. According to the HAZOP procedure, the pilot P&ID is cut up into individual nodes. Each node represents an essential part of the functionality of the unit. For each node, the operation in terms of flow, pressure, and temperature are discussed. This covers the intended operation according to the design specifications, but also ab-normal operation due to e.g. malfunctioning of equipment. For each scenario it is assessed if the resulting operation is safe (safeguards already implemented) or unsafe. For unsafe situations, actions are defined.



## 2.4 Design ATS

The ATS was designed and selected schematic representations of the unit are depicted in Figure 4.



**Figure 4:** The ATS D

## 2.5 Commissioning

Finally, to ensure that the bench-scale demonstrator is able to operate as designed, that all the functionalities of the system are present and working properly, and most importantly that the system can be operated in a safe manner, the following actions were performed during the commissioning of the set-up:

- Documentation check
  - Check the presence of all the certificates and manuals of every component of the system
- Electrical system and P&ID check
  - Check that every component listed in the P&ID is properly connected
  - Check that the system has all the functionalities described in the requirements list
- Check different sections
  - Exhaustive check per section (leak test, pressure test, etc.)
- Check warnings and alarms
  - Check that every warning and alarm defined are shown in the control system and that the correct actions are triggered when an alarm goes off.
- Check logging of the data
  - Check that all the monitoring data is stored for further data analysis.

## 2.6 Operation manual

In order to ensure a safe operation of the ATS, an operating manual was developed, that will aid the operator to follow the right steps in each of the following modes:

1. Pre- Start-up procedure
2. Start-up
3. Normal operation
4. Shut down
5. Sampling
6. Emergency shut down (Safe mode)
7. Start-up after emergency shut down
8. Overnight operation
9. Cleaning, dismantling and preservation procedures

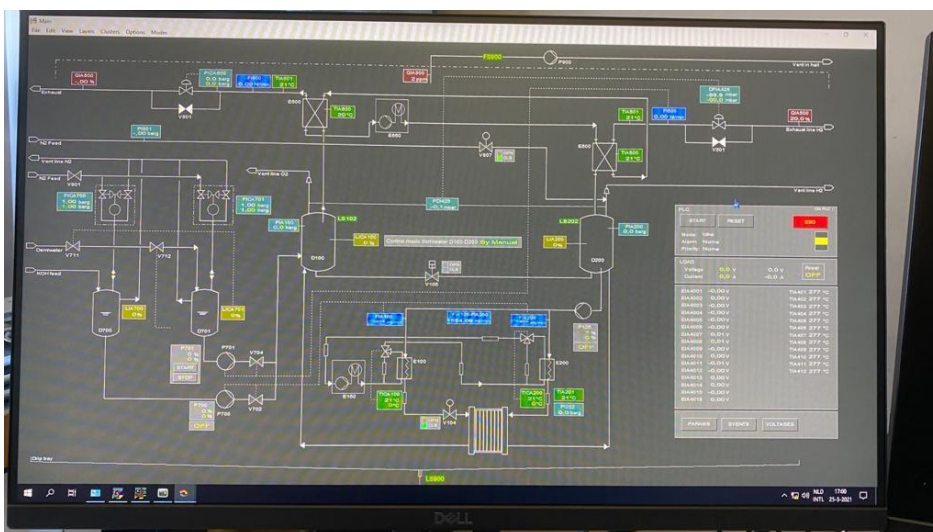


### 3. ATS construction

The ATS was constructed according to the engineering design and following the safety recommendation derived from the HAZOP evaluation. The end result of the set-up is shown in Figure 5 and Figure 6.



**Figure 5:** The ATS installation from various sides.



**Figure 6:** The ATS automation software.

## 4. Appendix 1 HAZOP actions

Software alarmen, te gebruiken waarden	Node	Actie houder
S1 Navragen wat voor gevolgen dit heeft voor de stack. Storingssignaal van pomp indien mogelijk toevoegen aan beveiliging	1, 2	Ruud IJ / Ruud de M
S2 Na keuze pomp P-700 kijken naar de aansturing klep (V-702 en V-703) in combinatie met de pomp.	1	Ruud IJ / Ruud de M
S3 L en LL alarm plaatsen op PICA-700	1	Ruud IJ / Ruud de M
S4 Na keuze pomp P-701 kijken naar de aansturing klep (V-704 en V-705) in combinatie met de pomp.	2	Ruud IJ / Ruud de M
S5 L en LL alarm plaatsen op PICA-701	2	Ruud IJ / Ruud de M
S6 Indien alarm contact van pomp aanwezig, dan deze toevoegen aan het controlsysteem (met opstart delay) Indien Pomp P-125 niet draait, dan mag er ook geen stroom op de stack. FIA100 en FIA200 voorzien van LL alarm met actie uitschakelen belasting van stack.	3	Ruud IJ / Ruud de M
S7 FT100 uitvoeren met een LL (stroom uit+pomp P-125 uit). Extra klep toevoeren om ook de mogelijkheid te hebben om geen water toevoer naar de Anode	3	Ruud IJ / Ruud de M
S8 FT200 uitvoeren met een LL (stroom uit + pomp P-125 uit).	3	Ruud IJ / Ruud de M
S9 Indicatie op het scherm het verschil tussen de twee flowmeters, FIA100 en FIA200, met een een band alarm. Let op dit werkt niet bij alleen water op de Kathode. Extra druksensoren plaatsen in de inlaat Kathode en Anode. Met mogelijk waarschuwingen	3	Ruud IJ / Ruud de M
S10 Bij een controlled stop dan de druk rustig afbouwen. Bij noodstop gaan de bypass kleppen gelijk open. Restriktie inbouwen. Extra klep in de egalisatie leiding. Dicht bij stop. Standmelding op klep. Indien klep dicht staat dan mag de pomp niet aan.	3	Ruud IJ / Ruud de M
S11 Extra HH toevoegen aan PIA100 en PIA200. Deze is gekoppeld aan het setpoint van PICA600, en het alarm zit dan PICA600_SP + 1bar	4, 6	Ruud IJ / Ruud de M
S12 TE600 verplaatsen naar E-600 buitenkant. Alarm TE600H =7°C en HH=10°C. TE-601 toevoegen op oude plek van TE-600. Deze alleen een H alarm (waarschuwing).	4, 8	Ruud IJ / Ruud de M
S13 TE600 verplaatsen naar E-600 buitenkant. Alarm TE600L =3°C en LL=1°C. TE-601 toevoegen op oude plek van TE-600. Geen L of LL alarm.	4, 8	Ruud IJ / Ruud de M
S14 QIA600=2% H en 3,5 % HH	4	Ruud de M
S15 Het systeem kan alleen worden gestart als eerst koeler E-650 aan is gezet en de temperatuur van de E-600 ongeveer 5°C is. Anders heb je gelijk warme stop.	4	Ruud de M
S16 TE500 verplaatsen naar E-500 buitenkant. Alarm TE500H =7°C en HH=10°C. TE-501 toevoegen op oude plek van TE-500. Deze alleen een H alarm (waarschuwing).	6, 8	Ruud IJ / Ruud de M
S17 TE500 verplaatsen naar E-500 buitenkant. Alarm TE500L =3°C en LL=1°C. TE-501 toevoegen op oude plek van TE-500. Geen L of LL alarm.	6, 8	Ruud IJ / Ruud de M
S18 QIA500=2% H en 3,5 % HH	6	Ruud de M
S19 Het systeem kan alleen worden gestart als eerst koeler E-650 aan is gezet en de temperatuur van de E-500 ongeveer 5°C is. Anders heb je gelijk warme stop.	6	Ruud de M
S20 Indien error aanwezig E-150 dan deze uitlezen en waarschuwing op het scherm. Plaatsing E-150 en E-650 in aparte ruimte met eventueel extra ventilatie (ivm warmte productie E-150).	7	Ruud IJ / Ruud de M
S21 Indien error aanwezig E-150 dan deze uitlezen en waarschuwing op het scherm	7	Ruud de M
S22 Indien error aanwezig E-150 dan deze uitlezen en waarschuwing op het scherm. Plaatsing E-150 en E-650 in aparte ruimte met eventueel extra ventilatie (ivm warmte productie E-150).	7	Ruud IJ / Ruud de M
S23 Indien error aanwezig E-650 dan deze uitlezen en waarschuwing op het scherm TEE500/600 verplaatsen naar E-500/600 buitenkant. TE-501/601 toevoegen. Zie node 4 en 6.	8	Ruud IJ / Ruud de M
S24 Indien error (hoge druk) aanwezig E-650 dan deze uitlezen en waarschuwing op het scherm Eventueel extra H2 detectie plaatsen in de ruimte waar de E-650 staat.	8	Ruud IJ / Ruud de M
S25 Setpoint PTC700/701 niet hoger instelbaar dan 1.5 Barg, HH alarmen 2,5 Bar H op 2 Bar	9	Ruud de M
S26 Pomp P-125 mag pas gestart worden (stack in bedrijf) als 'dicht' signaal van V-807 actief is.	10	Ruud de M
Instrumentatie, benodigd of te verwijderen uit installatie (P&ID)	Node	Actie houder
P1 Kijken of pomp P-700 bestand is tegen dichte klep	1, 2	Ruud IJ
P2 Goede procedure voor het opruimen en gebruik van KOH. Kijken of er detectie is voor een KOH sensor Lekbak moet van RVS zijn en onder afschot. Werkt de lekdetectie met KOH. Kan het tegen zout. Dit is nodig voor detectie van demiwater.	1	Hans / Ruud IJ
P3 Lage flow op P-700 wenselijk. Om de rustige regeling en een betere menging in vat D100 of D-200	1	Ruud IJ
P4 Na keuze pomp P-700 kijken naar de aansturing klep (V-702 en V-703) in combinatie met de pomp.	1	Ruud IJ / Ruud de M
P5 Plaats toevoer leidingen in D-100 en D-200 onder het LL niveau van deze tanks.	1, 2	Ruud IJ
P6 Kijken of pomp P-700 bestand is tegen dichte klep	1	Ruud IJ
P7 Waar moet de N2 vent leiding naar toe, bevat mogelijk KOH damp.	1	Ruud IJ
P8 Extra kraantje voor ontluchting tijdens het vullen vat D-700. Procedure voor het vullen van vat D-700. Plaats D-700 op een plek waar je goed bij kan. Mogelijk zichtbare niveau meting ter plaatsen.	1	Ruud IJ / Hans
P9 Nagaan wat de gevolgen zijn van langdurig geen gebruik van KOH in vat D-700, mogelijk een aftap kraantje in Vat D-700	1	Ruud IJ
P10 Drukmeter plaatsen vlak bij de kleppen, zodat de druk kan worden afgelezen lokaal. Procedure bijvullen.	1	Ruud IJ
P11 Klep plaatsen voor drainen vat D-700 en pomp systeem. Procedure schrijven voor uitbouwen pomp P-700 met resten KOH	1	Ruud IJ / Hans
P12 Lekbak onder afschot, anders moeilijk detectie van demiwater. Er moet ergens een potje met zout anders geen detectie (let op combinatie zout en KOH --> veilig?)	2	Ruud IJ / Hans
P13 Lage flow op P-701 wenselijk. Om de rustige regeling en een betere menging in vat D100 of D-200	2	Ruud IJ
P14 Na keuze pomp P-701 kijken naar de aansturing klep (V-704 en V-705) in combinatie met de pomp.	2	Ruud IJ / Ruud de M
P15 Kijken of pomp P-701 bestand is tegen dichte klep	2	Ruud IJ
P16 Dubbele klep voor demiwater toevoer V-711. Extra niveau meter die allen de extra klep schakeld.	2	Ruud IJ
P17 Procedure voor uit bedrijf nemen (spoelen en drogen) opstellen. Mogelijk een aftap kraantje in Vat D-701	2	Ruud IJ / Hans
P18 Klep plaatsen voor drainen vat D-701 en pomp systeem. Procedure schrijven voor uitbouwen pomp P-700 met resten KOH	2	Ruud IJ / Hans
P19 Nakiijken naar de grote van de buffervaten D100 en D200. Dit ivm de niveau regeling.	3	Ruud IJ
P20 Indien alarm contact van pomp aanwezig, dan deze toevoegen aan het controlsysteem (met opstart delay) Indien Pomp P-125 niet draait, dan mag er ook geen stroom op de stack. FIA100 en FIA200 voorzien van LL alarm met actie uitschakelen belasting van stack.	3	Ruud IJ / Ruud de M
P21 FT100 uitvoeren met een LL (stroom uit+pomp P-125 uit). Extra klep toevoeren om ook de mogelijkheid te hebben om geen water toevoer naar de Anode	3	Ruud IJ / Ruud de M
P22 FT200 uitvoeren met een LL (stroom uit + pomp P-125 uit).	3	Ruud IJ / Ruud de M
P23 Indicatie op het scherm het verschil tussen de twee flowmeters, FIA100 en FIA200, met een een band alarm. Let op dit werkt niet bij alleen water op de Kathode. Extra druksensoren plaatsen in de inlaat Kathode en Anode. Met mogelijk waarschuwingen.	3	Ruud IJ / Ruud de M
P24 Bij een controlled stop dan de druk rustig afbouwen. Bij noodstop gaan de bypass kleppen gelijk open. Restriktie inbouwen. Extra klep in de egalisatie leiding. Dicht bij stop. Standmelding op klep. Indien klep dicht staat dan mag de pomp niet aan.	3	Ruud IJ / Ruud de M

