

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2341 Strojírenství  
Studijní zaměření: 2341R001 Konstrukce průmyslové techniky

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Zařízení na úpravu vody – Reverzní osmóza

Autor: **Matěj HÁJEK**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Zdeněk HUDEC, CSc.**

Akademický rok 2013/2014

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu práce Doc. Ing. Zdeňku Hudcovi, CSc. za jeho odborné rady, podporu a vstřícnost při psaní této práce. Dále bych chtěl taktéž poděkovat Ing. Vítu Sovovi, Ph.D. za jeho konzultace z oblasti praxe.

Matěj Hájek

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Hájek	<b>Jméno</b> Matěj	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2341R001 „Konstrukce průmyslové techniky“		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. Hudec, CSc.	<b>Jméno</b> Zdeněk	
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Zařízení na úpravu vody – Reverzní osmóza		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

<b>CELKEM</b>	52	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	33	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	19
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Bakalářská práce řeší problematiku úpravy vody pomocí membránových technologií, mezi které patří zařízení reverzní osmóza. Úvodní část práce je věnována charakteristice a rozdělení membránových technologií. Hlavní část práce řeší projekt reverzní osmózy na úpravu pitné vody z vody mořské. Na závěr práce je shrnutí dosažených cílů projektu.</p>
<p><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>Úprava vody, Membránová technologie, Reverzní osmóza, Permeát, Retentát (Koncentrát)</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Hájek	<b>Name</b> Matěj	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2341R001 “ Design of Manufacturing Machines“		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Doc. Ing. Hudec, CSc.	<b>Name</b> Zdeněk	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Water treatment equipment – Reverse Osmosis		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2014
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	52	<b>TEXT PART</b>	33	<b>GRAPHICAL PART</b>	19
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	Bachelor thesis deals with the issue of water treatment using membrane technologies, including reverse osmosis equipment. The first part addressed the characteristics and division of membrane technology. The main part deals with the project of reverse osmosis for treatment of drinking water from sea water. At the end there is a summary of the project objectives.
<b>KEY WORDS</b>	Water treatment, Membrane technology, Reverse osmosis, Permeate, Concentrate

## Seznam použitých zkratk

ČOV	Čistírna odpadních vod
PVC	Polyvinylchlorid
TW	Trinkwasser (pitná voda)
BW	Brackwasser (brakická voda)
SW	Salzwasser (slaná voda)
TIG	Tungsten-Inertgasschweißen (Svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře interního plynu)
RO	Reverzní osmóza
PMSY	ProMinent Systems spol. s r. o.
BKG	BKG úprava vody s r. o.
CULLIGAN	CULLIGAN Czech s r. o.
CIP	Clean-in-place (čištění v místě instalace)
P&ID	Piping and instrumentation diagram (průtokové schéma)
HD	High density (vysoká hustota)
PE	Polyetylén
CD	Compact disc (kompaktní disk)
WPS	Welding procedure specification (specifikace postupu svařování)

## Obsah

1	Úvod .....	3
2	Úvod do úpravy vody.....	4
2.1	Mikrofiltrace .....	5
2.2	Ultrafiltrace .....	5
2.3	Nanofiltrace.....	5
2.4	Reverzní osmóza.....	5
3	Rozdělení jednotlivých typových řad reverzní osmózy .....	6
3.1	Reverzní osmózy typu ecoPRO .....	6
3.1.1	ecoPRO 100 až ecoPRO 1500 .....	6
3.1.2	ecoPRO 1800 až ecoPRO 2700 .....	6
3.2	Reverzní osmózy typu TW .....	7
3.3	Reverzní osmózy typu BW .....	8
3.4	Reverzní osmózy typu SW .....	10
4	Přehled jednotek reverzních osmóz v rámci typových řad .....	11
4.1	Jednotky reverzních osmóz v řadě ecoPRO.....	11
4.1.1	ecoPRO 100 až ecoPRO 1500 .....	11
4.1.2	ecoPRO 1800 až ecoPRO 2700 .....	11
4.2	Jednotky reverzních osmóz v řadě TW.....	12
4.3	Jednotky reverzních osmóz v řadě BW.....	13
4.4	Jednotky reverzních osmóz v řadě SW .....	14
5	Konkurence v dané oblasti úpravy vody .....	15
5.1	Představení produktu ProMinent Systems spol. s r. o. ....	15
5.2	Představení produktu BKG úprava vody s r. o.....	16
5.3	Představení produktu CULLIGAN Czech s r. o. ....	16
5.4	Tabulka srovnání – kritéria hodnocení.....	17
6	Projekt reverzní osmózy typu PRO 60.60.8040 ESPA2 .....	18
6.1	Požadavky zákazníka .....	19
6.1.1	Množství a kvalitu permeátu.....	19
6.1.2	Technické provedení reverzní osmózy .....	19
6.2	Parametry surové vody .....	19
6.3	Předúprava surové vody pomocí dávkovacího zařízení .....	20
6.4	Výpočty RO designu – softwarový program .....	20

6.5	Návrh čerpadel .....	21
6.5.1	Vysokotlaké čerpadlo .....	21
6.5.2	Čerpadlo pro čištění RO .....	21
6.6	Konstrukční řešení .....	21
6.6.1	Tvorba průtokového schématu P&ID .....	21
6.6.2	Návrh nosného prvku reverzní osmózy .....	22
6.6.3	Návrh typu skladovací nádrže .....	22
6.6.4	Návrh typu elektrického rozvaděče .....	23
6.6.5	Návrh konstrukčního řešení reverzní osmózy .....	23
6.7	Výrobní dokumentace .....	23
6.7.1	Výrobní dokumentace pro nosný rám .....	24
6.7.2	Výrobní dokumentace pro plastovou nádrž .....	25
6.7.3	Výrobní dokumentace elektrického rozvaděče .....	26
6.7.4	Výrobní dokumentace reverzní osmózy .....	26
6.8	Výroba .....	26
6.8.1	Výroba nosného rámu z nerezové oceli .....	26
6.8.2	Výroba plastové nádrže .....	27
6.8.3	Výroba elektrického rozvaděče .....	28
6.8.4	Výroba reverzní osmózy .....	29
6.9	Testovací provoz .....	29
6.10	Shrnutí dosažených výsledků projektu .....	31
7	Závěr .....	32
8	Použité zdroje a literatura .....	33



## 1 Úvod

Reverzní osmóza je zařízení na úpravu vody. Tato zařízení vznikají na základě požadavků společností s cílem uspokojit konkrétní požadavky zákazníka, ať už se jedná o úpravu vody pro bazénové technologie, výrobu pitné vody v místech bez přírodního zdroje nebo filtraci povrchové vody pro zbavení hrubých nečistot.

Společnost ProMinent Systems spol. s r. o. vznikla 1. dubna 1993 a od svého založení je stoprocentní dceřinou společností firemního seskupení ProMinent, jehož mateřská společnost ProMinent Dosier Technik GmbH sídlí v Německu v Heidelbergu. Výrobní závod má v současné době přibližně 250 zaměstnanců. ProMinent Systems spol. s r. o. je úspěšný závod sestávající z jednotlivých výrobních oddělení jako jsou výroba plastových nádrží, svařování plastů, svařování nerez oceli, moření a pasivace výrobků z nerez oceli, montážní a zkušební pracoviště, elektromontáže a konstrukce. Jedná se o certifikovaný podnik dle ISO 9001:2009 a ISO 14001:2005. Vyrábí se zde komponenty i kompletní zařízení, která jsou určena k čištění vod (např. v plaveckých bazénech nebo ve zdravotnictví) a pro úpravu odpadních vod. Mezi vyráběné produkty společnosti patří zařízení na výrobu ozónu, gravitační filtry, reverzní osmózy, dávkovací stanice, skladovací nádrže apod. [1]

Má práce je členěna do několika kapitol. V první části práce nejprve rozvedu téma úpravy vody a vysvětlím procesy membránových technologií, kam patří zařízení reverzní osmózy. V třetí a čtvrté kapitole představím typové řady jednotek reverzní osmózy firmy ProMinent Systems spol. s r. o. V další části se budu zabývat konkurencí v dané oblasti úpravy vody na českém trhu. V šesté kapitole bude na konkrétním typu reverzní osmózy ukázán celý proces od projektování až po výrobu a testovací provoz. Závěrem zhodnotím naplnění požadavků zákazníka po technické a ekonomické stránce. Cílem bakalářské práce je návrh a realizace reverzní osmózy pro konkrétní případ úpravy mořské vody

Téma bakalářské práce jsem si zvolil z toho důvodu, že několik let pracuji ve výrobním závodě zabývajícím se mimo jiné i výrobou těchto zařízení. Jelikož pracuji v oddělení výroby dávkovacích stanic a mé znalosti týkající se reverzních osmóz jsou velmi okrajové, rozhodl jsem se nahlédnout hlouběji do problematiky tohoto zařízení. Věřím, že získané informace později zúročím v praxi při výrobě reverzních osmóz.

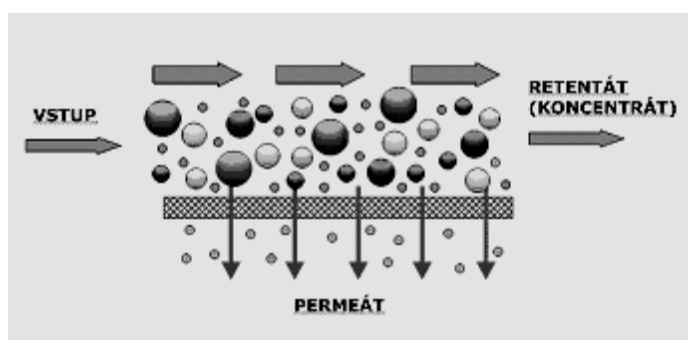
## 2 Úvod do úpravy vody

Úvodem této kapitoly je třeba vysvětlit několik odborných pojmů z oblasti úpravy vody. Pojmy, díky kterým bude čtenáři jasné, proč se vlastně navrhuje, konstruuje a vyrábí zařízení, jakým je reverzní osmóza. Samotné označení reverzní osmóza je dosti specifické a mnoho lidí vlastně neví, o co ve skutečnosti jde.

Reverzní osmóza je zařízení, které k úpravě vody používá membránové technologie. Takzvaná membránová filtrace slouží k odstranění pevných částic a molekul solí z vody. Jedná se o fyzikální proces, při kterém dochází k separování látek pomocí polopropustných membrán. Největším uplatněním této technologie v praxi je úprava pitné vody odsolováním mořské vody.

Princip membránové technologie využívá semipermeabilní membránu, která odděluje přiváděný roztok na retentát (koncentrát) a permeát. Koncentrát je obohacen o složky, které membrána nepropustí. Permeát procházející membránou je naopak o tyto látky ochuzen.

Obrázek 2-1: Princip membránové technologie [2]



Podle velikosti filtrovaných částic nebo molekul dělíme procesy membránových technologií do čtyř typů:

- 1, mikrofiltrace
- 2, ultrafiltrace
- 3, nanofiltrace
- 4, reverzní osmóza

Obrázek 2-2: Přehled rozdělení membránových technologií podle velikostí filtrovaných částic [3]

	<b>mikrofiltrace</b>	<b>ultrafiltrace</b>	<b>nanofiltrace</b>	<b>reverzní osmóza</b>
velikost částic	> 0,1 $\mu\text{m}$ > 500000 Da	0,1 - 0,01 $\mu\text{m}$ 1000 - 500000 Da	0,01 - 0,001 $\mu\text{m}$ 100 - 1000 Da	< 0,001 $\mu\text{m}$ < 100 Da
povaha částic	Nerozpuštěné látky, koloidní zákal, olejové emulze	Makromolekuly, bakterie, buňky, viry, bílkoviny	Nízkomolekulární organické sloučeniny	Ionty

## 2.1 Mikrofiltrace

Mikrofiltrace je proces, který používá membránové technologie schopné zadržet částice o velikostech 10 - 0,1  $\mu\text{m}$ . Využití v přípravě / úpravě pitné vody odstraňováním mikroorganismů, parazitů a bakterií. Průmyslové využití mikrofiltrace je čištění průmyslových odpadních vod, terciární dočištění odpadních vod z ČOV nebo úprava vody před reverzní osmózou.

## 2.2 Ultrafiltrace

Ultrafiltrace je proces, používající membránové technologie schopné zadržet částice o velikostech 0,1 – 0,01  $\mu\text{m}$ . Oblast využití ultrafiltrace je hlavně v odstraňování patogenních mikroorganismů, suspendovaných látek a zákalů z pitné vody, kde zdrojem je především povrchová voda. Dalším možným využitím je předúprava vody pro nanofiltraci nebo reverzní osmózu v oblasti odsolování mořské vody.

## 2.3 Nanofiltrace

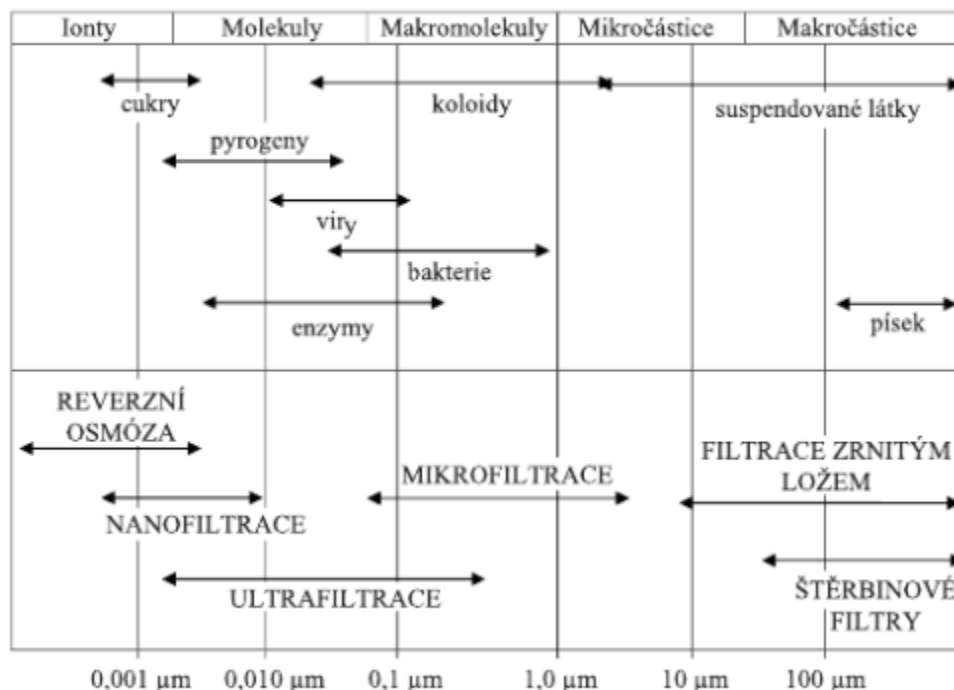
Nanofiltrace je proces, který používá membránové technologie schopné zadržet částice o velikostech 0,01 – 0,001  $\mu\text{m}$ . Typickou oblastí využití nanofiltrace je úprava vody ze sladkovodních zdrojů. Tento proces slouží také k odsolování brakické či mořské vody jako předúprava pro reverzní osmózu, neboť nedosahuje tak vysoké úspěšnosti odsolení vody jako samotná osmóza.

## 2.4 Reverzní osmóza

Reverzní osmóza je zařízení, které používá membránové technologie schopné zadržet částice o velikostech 0,001  $\mu\text{m}$  a menších. Tento proces úpravy vody je založen na stejném principu jako nanofiltrace s tím rozdílem, že účinnost membrán je zde téměř 99 % na

odstranění všech solí z vodných roztoků. Hlavní využití je tedy přeměna mořské vody na pitnou vodu.

Obrázek 2.4-1: Velikosti jednotlivých částic ve vodě a metody jejich přímého odstraňování [4]



### 3 Rozdělení jednotlivých typových řad reverzní osmózy

Reverzní osmózy rozdělujeme podle typu použití a podle jejich výkonu, což je množství průtoku permeátu v litrech za hodinu.

#### 3.1 Reverzní osmózy typu ecoPRO

##### 3.1.1 ecoPRO 100 až ecoPRO 1500

##### 3.1.2 ecoPRO 1800 až ecoPRO 2700

Tato řada reverzních osmóz je určena pro odsolování pitné vody při dosahování těch nejnižších výkonů průtoku permeátu v rozmezí 100 l/h až 2700 l/h. Své výhody má tato skupina reverzních osmóz dané nízkou cenou a malou prostorovou náročností, která je dosažena konstrukčním řešením nosného prvku. V případě zařízení ecoPRO 100 až ecoPRO 1500 je nosným prvkem plastový panel, na kterém je instalováno veškeré použité zařízení. V případě zařízení ecoPRO 1800 až ecoPRO 2700 je tímto nosným prvkem ocelový rám.

Reverzní osmózy této řady využívají nejmodernější nízkotlaké membrány typu „ultra low-pressure“, čímž zaručují vysokou hospodárnost provozu. Je to především dosahováním maximálních výkonů při velmi nízkých provozních nákladech. Díky nízkému provoznímu tlaku u jednotek ecoPRO je pro potrubní rozvody volen materiál PVC, který je se svou tlakovou třídou PN16 vhodný až do 16 barů. [3]

Dosahovaná účinnost odsolení pitné vody je zde 90 – 95 %!

Obsah solí v surové vodě nesmí být však větší než 1000 mg/l.

Obrázek 3.1.1-1: Reverzní osmóza typu ecoPRO 1500



### 3.2 Reverzní osmózy typu TW

Tato řada reverzních osmóz je určena pro odsolování pitné vody při dosahování středních až po velmi vysoké výkony průtoku permeátu v rozmezí 3000 l/h až do 50000 l/h. Hlavní výhodou této skupiny reverzních osmóz je možnost speciálního zákaznického provedení. Na přání je zde možnost dodat zařízení v jiném materiálovém provedení potrubních rozvodů,

jiném provedení membrán či zařízení doplnit o měření pH, vodivosti nebo redox potenciálu vody.

Reverzní osmóza tohoto typu může být například doplněna o přídavná dávkovací zařízení, sloužící k předúpravě nebo následné úpravě vody. Reverzní osmózy této řady využívají nejmodernější nízkotlaké membrány typu „ultra low-pressure“, čímž zaručují vysokou hospodárnost provozu. Především dosahováním maximálních výkonů při velmi nízkých provozních nákladech. Díky nízkému provoznímu tlaku u jednotek TW je pro potrubní rozvody volen materiál PVC, který je se svou tlakovou třídou PN16 vhodný až do 16 barů. [3]

Dosahovaná účinnost odsolení pitné vody je zde 90 – 95 %!

Obsah solí v surové vodě nesmí být však větší než 1000 mg/l.

Obrázek 3.2-1: Reverzní osmóza typu TW - potravinářství



### 3.3 Reverzní osmózy typu BW

Tato řada reverzních osmóz je určena pro odsolování brakické vody při dosahování od středních až po velmi vysoké výkony průtoku permeátu v rozmezí 2000 l/h až do 50000 l/h.

Jednotky lze vybavit poloautomatickým čistícím zařízením pro čištění membránových modulů.

Reverzní osmózy této řady využívají nejmodernější nízkotlaké membrány typu „high rejection low-pressure“, čímž zaručují vysokou hospodárnost provozu. Je to hlavně dosahováním maximálních výkonů při velmi nízkých provozních nákladech. U jednotek BW jsou potrubní rozvody rozděleny do nízkotlaké a vysokotlaké části. Pro nízkotlakou část je použito materiálu PVC s tlakovou třídou PN16. U vysokotlaké části se používá nerezová ocel třídy AISI 316Ti (DIN 1.4571), svařované spoje metodou TIG se dále upravují pasivací v mořicích lázních. [3]

Dosahovaná účinnost odsolení pitné vody je zde 95 – 98 %!

Obsah solí v surové vodě nesmí být však větší než 5000 mg/l.

Obrázek 3.3-1: Reverzní osmóza typu BW



### 3.4 Reverzní osmózy typu SW

Tato řada reverzních osmóz je určena pro odsolování mořské vody při dosahování od nízkých až po velmi vysoké výkony průtoku permeátu v rozmezí 680 l/h až do 27000 l/h. Jednotky lze vybavit poloautomatickým čistícím zařízením pro čištění membránových modulů. Na přání zákazníka je zde možnost jednotku vybavit moderním zařízením zpětného využití energie odtékajícího koncentrátu.

Reverzní osmózy této řady využívají nejmodernější nízkotlaké membrány typu „high rejection low-pressure“, čímž zaručují vysokou hospodárnost provozu. Především dosahováním maximálních výkonů při velmi nízkých provozních nákladech. U jednotek SW jsou potrubní rozvody rozděleny do nízkotlaké a vysokotlaké části. Pro nízkotlakou část je použito materiálu PVC s tlakovou třídou PN16. U vysokotlaké části se používá nerezová ocel třídy AISI 904L (DIN 1.4539), svařované spoje metodou TIG se dále upravují pasivací v mořicích lázních. [3]

Dosahovaná účinnost odsolení pitné vody je zde 99 %!

Obsah solí v surové vodě nesmí být však větší než 40000 mg/l.

Obrázek 3.4-1: Reverzní osmóza typu SW





## 4 Přehled jednotek reverzních osmóz v rámci typových řad

### 4.1 Jednotky reverzních osmóz v řadě ecoPRO

#### 4.1.1 ecoPRO 100 až ecoPRO 1500

Tabulka 4.1.1-1: Přehled typových jednotek ecoPRO 100 – 1500 [3]

typ jednotky RO	výkon permeátu (l/h)	počet membrán (ks)	instalovaný příkon (kW)	vnější rozměry (mm)	obsah solí (mg/l)
ecoPRO 100	100	1	0,37	1400x500x320	650
ecoPRO 200	200	2	0,55	1400x500x320	650
ecoPRO 300	300	1	1,2	1500x600x400	650
ecoPRO 550	550	2	1,1	1500x600x400	650
ecoPRO 600	600	2	1,5	1850x800x800	1000
ecoPRO 900	900	3	1,5	1850x800x800	1000
ecoPRO 1200	1200	4	1,5	1850x800x800	1000
ecoPRO 1500	1500	5	2,2	1850x800x800	1000

#### 4.1.2 ecoPRO 1800 až ecoPRO 2700

Tabulka 4.1.2-1: Přehled typových jednotek ecoPRO 1800 – 2700 [3]

typ jednotky RO	výkon permeátu (l/h)	počet membrán (ks)	instalovaný příkon (kW)	vnější rozměry (mm)	obsah solí (mg/l)
ecoPRO 1800	1800	6	2,2	1750x2500x750	1000
ecoPRO 2400	2400	8	2,2	1750x2600x750	1000
ecoPRO 2700	2700	9	2,2	1800x3500x750	1000

## 4.2 Jednotky reverzních osmóz v řadě TW

Tabulka 4.2-1: Přehled typových jednotek TW [3]

typ jednotky RO	výkon permeátu (l/h)	počet membrán (ks)	instalovaný příkon (kW)	vnější rozměry (mm)	obsah solí (mg/l)
PRO 0300 TW	3000	3	3	1800x3000x1000	1000
PRO 0400 TW	4000	4	3	1800x3000x1000	1000
PRO 0500 TW	5000	5	3	1800x4000x1000	1000
PRO 0600 TW	6000	6	4	1800x4000x1000	1000
PRO 0700 TW	7000	6	5,5	1800x4000x1000	1000
PRO 0800 TW	8000	7	5,5	1800x4000x1000	1000
PRO 0900 TW	9000	7	7,5	1800x4000x1000	1000
PRO 1000 TW	10000	8	7,5	1800x3000x1000	1000
PRO 1100 TW	11000	9	7,5	1800x4000x1000	1000
PRO 1200 TW	12000	10	7,5	1800x4000x1000	1000
PRO 1300 TW	13000	11	7,5	1800x4000x1000	1000
PRO 1400 TW	14000	12	11	1800x4000x1000	1000
PRO 1500 TW	15000	12	11	1800x4000x1000	1000
PRO 2000 TW	20000	18	11	1800x7000x1200	1000
PRO 2500 TW	25000	24	15	1800x7000x1200	1000
PRO 3000 TW	30000	28	15	1800x7000x1200	1000
PRO 4000 TW	40000	34	22	1800x7000x1200	1000
PRO 5000 TW	50000	48	22	1800x7000x1200	1000

### 4.3 Jednotky reverzních osmóz v řadě BW

Tabulka 4.3-1: Přehled typových jednotek BW [3]

typ jednotky RO	výkon permeátu (l/h)	počet membrán (ks)	instalovaný příkon (kW)	vnější rozměry (mm)	obsah solí (mg/l)
PRO 0200 BW	2000	9	4	1800x3500x750	5000
PRO 0300 BW	3000	3	5,5	1800x3000x1000	5000
PRO 0400 BW	4000	4	7,5	1800x3000x1000	5000
PRO 0500 BW	5000	5	7,5	1800x4000x1000	5000
PRO 0600 BW	6000	6	7,5	1800x4000x1000	5000
PRO 0700 BW	7000	7	7,5	1800x4000x1000	5000
PRO 0800 BW	8000	8	7,5	1800x4000x1000	5000
PRO 0900 BW	9000	9	11	1800x4000x1000	5000
PRO 1000 BW	10000	10	15	1800x3000x1000	5000
PRO 1100 BW	11000	11	15	1800x4000x1000	5000
PRO 1200 BW	12000	12	15	1800x5000x1000	5000
PRO 1300 BW	13000	13	15	1800x6000x1000	5000
PRO 1400 BW	14000	14	15	1800x5000x1000	5000
PRO 1500 BW	15000	15	18,5	1800x5000x1000	5000
PRO 2000 BW	20000	21	18,5	1800x6000x1200	5000
PRO 2500 BW	25000	26	30	1800x6000x1200	5000
PRO 3000 BW	30000	29	30	1800x6000x1200	5000
PRO 4000 BW	40000	42	37	1800x7000x1200	5000
PRO 5000 BW	50000	51	45	1800x7000x1200	5000

#### 4.4 Jednotky reverzních osmóz v řadě SW

Tabulka 4.4-1: Přehled typových jednotek SW [3]

typ jednotky RO	výkon permeátu (l/h)	počet membrán (ks)	instalovaný příkon (kW)	vnější rozměry (mm)	obsah solí (mg/l)
PRO 0068 SW	680	6	5,5	1800x3500x1000	40000
PRO 0160 SW	1600	3	11	1800x4000x1000	40000
PRO 0230 SW	2300	4	15	1800x4000x1000	40000
PRO 0270 SW	2700	5	15	1800x4000x1000	40000
PRO 0330 SW	3300	6	18,5	1800x4000x1000	40000
PRO 0410 SW	4100	8	22	1800x5000x1200	40000
PRO 0550 SW	5500	10	40,5	1800x5000x1200	40000
PRO 0650 SW	6500	12	44	1800x5000x1400	40000
PRO 0850 SW	8500	15	60	1800x6000x1500	40000
PRO 0950 SW	9500	16	60	1800x5000x1500	40000
PRO 1150 SW	11500	20	75	1800x6000x1500	40000
PRO 1350 SW	13500	24	90	1800x7000x1500	40000
PRO 1700 SW	17000	30	110	1800x7000x1500	40000
PRO 2000 SW	20000	36	132	1800x7000x1500	40000
PRO 2350 SW	23500	42	160	1800x7000x1200	40000
PRO 2700 SW	27000	48	160	1800x7000x1200	40000

## 5 Konkurence v dané oblasti úpravy vody

Na českém trhu působí několik firem nabízejících řešení problematiky úpravy vody pomocí membránových technologií. Nebylo tedy příliš těžké najít a oslovit konkurenční společnost se žádostí o poskytnutí ceníku pro jejich standardní výrobky. Problémem se naopak stalo porovnání kvality jednotlivých produktů od různých výrobců. Pro porovnání cen reverzních osmóz je důležité, aby zařízení byla co možná nejvíce identická. Není možné porovnávat ceny zařízení, které se příliš liší kvalitou používaných komponentů a membránových technologií.

Rozhodl jsem se tedy porovnat cenu a kvalitu u zařízení ecoPRO1500 z řady standardních výrobků firmy ProMinent Systems spol. s r. o. se zařízením od jiných výrobců o stejném výkonu. Pro srovnání jsem kontaktoval celkem tři společnosti. Na moji žádost o poskytnutí cenových přehledů pro reverzní osmózy s výkonem 1500 l/h průtoku permeátu reagovali firmy BKG úprava vody s r.o. a CULLIGAN Czech s r. o.

Internetové odkazy srovnávacích společností: <http://www.prominentsystems.cz/>

<http://www.bkg.cz/>

<http://www.culligan.cz/reverzni-osmoza/>

### 5.1 Představení produktu ProMinent Systems spol. s r. o.

Reverzní osmóza typu ecoPRO1500 je standardní produkt této společnosti. Její ceníková cena na českém trhu je 335.500,- Kč.

Toto zařízení je sestaveno z kvalitních komponent od prověřených dodavatelů. Čerpadlo Movitec typu VF2-22 B 2,2kW od dodavatele KSB-PUMPY + Armatury s r. o. Tlakové válce typu RO4Z3M40-V2-31 od výrobce Knappe Composites S. A. S. Membrány typu Module ESPA IV 4040 od firmy Hydranautics B. V. Plováčkové průtokoměry typu 805 od dodavatele GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau GmbH & Co. KG. Kulové kohouty typu 546 a potrubní rozvody PVC-U od výrobce Georg Fischer AG.

Společnost tedy jasně preferuje kvalitu oproti nízké ceně.

## **5.2 Představení produktu BKG úprava vody s r. o.**

Společnost nevyrábí reverzní osmózy o výkonu 1500 l/h průtoku permeátu sériově, ale pouze jako zakázkovou výrobu dle konkrétních požadavků zákazníka. Není zde tedy možné přesně porovnat kvalitu používaných komponentů a ceníkové ceny za určitý produkt.

Jednatelkou společnosti jsem byl informován, že při používání kvalitních komponentů, které jsou srovnatelné s komponenty na zařízení ecoPRO1500 od společnosti ProMinent Systems se cena za reverzní osmózu pohybuje okolo 357.500,- Kč. U varianty reverzní osmózy s použitím levných a často nekvalitních komponent může cena klesnout až na 192.500,- Kč.

U této společnosti je tedy jen na zákazníkovi, zda zvolí kvalitu na úkor ceny nebo obráceně.

## **5.3 Představení produktu CULLIGAN Czech s r. o.**

Reverzní osmóza z nové řady s označením AQUA CLEER MFP 1600 je standardním výrobkem této společnosti. Zde je tedy nepatrný rozdíl ve výkonu průtoku permeátu, který je dle názvu 1600 l/h. Ceníková cena na českém trhu je 306.370,- Kč.

Tento ekonomicky výhodný typ reverzní osmózy používá membrány typu XLE 4040. Zařízení je vybaveno automatickým systémem kontroly tlaku na vstupu a výstupu vody. Kvalita používaných komponent nedosahuje úrovně, jaká je u zařízení ecoPRO1500, pouze čerpadlo je zde velmi kvalitní od dodavatele Grundfos. [5]

Tento výrobce upřednostňuje nižší cenu na úkor kvality používaných komponent.

## 5.4 Tabulka srovnání – kritéria hodnocení

Pro srovnání výše uvedených produktů jsem vybral 5 kritérií, podle kterých se budou jednotlivé reverzní osmózy porovnávat. Jako hlavní a zároveň nejdůležitější měřítko jsem zvolil kvalitu zařízení. Kvalita je zde definována jako stupeň splnění požadavků trhu na konkrétní zařízení o známých parametrech. Hodnocení kvality se bude tedy počítat pětikrát do výsledného hodnocení. Dalším důležitým měřítkem je prodejní cena zařízení. Hodnocení ceny se bude počítat čtyřikrát do výsledného hodnocení. Termín dodání je následujícím parametrem srovnávací tabulky a jeho hodnota se do výsledného hodnocení produktu započte třikrát. Velkou výhodou je zavedená sériová výroba u firem ProMinent Systém spol. s r. o. a CULLIGAN Czech s r. o., která podstatně snižuje termín dodání. Garance je vlastně záruka a servis na daný výrobek po určitou sjednanou dobu ze strany prodejce. V našem případě všechny tři společnosti nabízejí standardní záruku 12 měsíců. Hodnocení garance se započítává dvakrát do výsledného hodnocení. Posledním srovnávacím parametrem je rozměr vybraného typu reverzní osmózy. Pro úsporu prostoru v místě instalace je hodnoceno čím menší zařízení, tím lepší. Tento atribut se započítává pouze jednou do výsledného hodnocení.

Tabulka 5.4-1: Tabulka srovnání – reverzní osmóza 1500 l/h

Tabulka srovnání			
	PMSY	BKG	CULLIGAN
Kvalita	1	1	3
Cena	2	3	1
Termín dodání	1	3	1
Garance	2	2	2
Rozměry	2	2	1
Výsledné hodnocení	1,47	2,13	1,8

Legenda:

- 1 dobré
- 2 průměrné
- 3 špatné

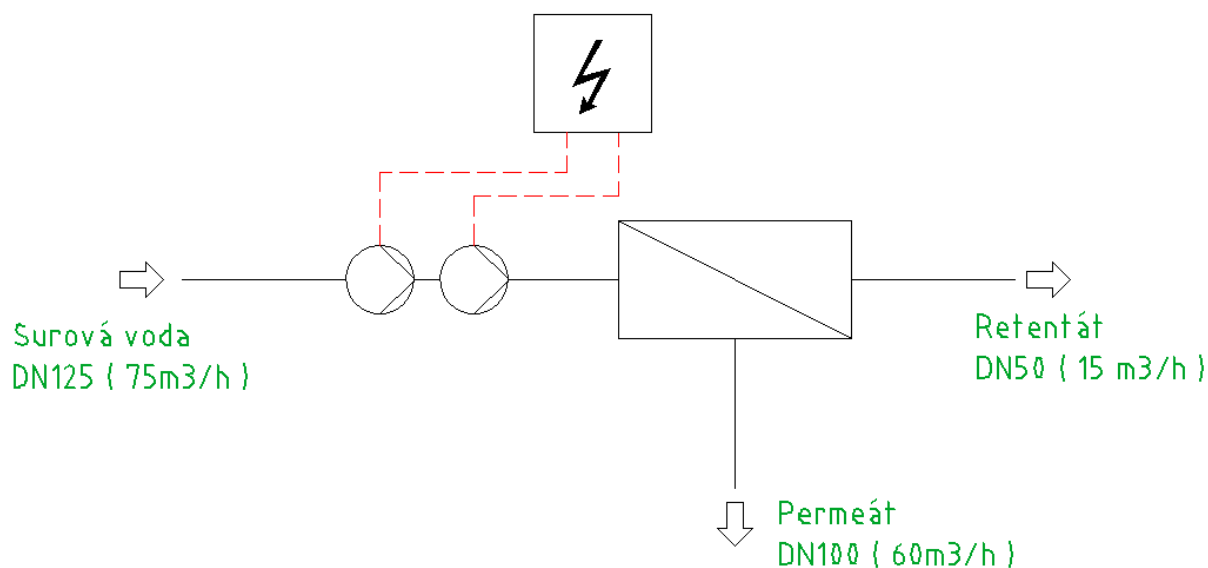
Výsledkem srovnání jsou výsledná hodnocení produktů od jednotlivých výrobců. Nejlépe dopadla typová stanice ecoPRO1500 od firmy ProMinent Systems spol. s r. o.

## 6 Projekt reverzní osmózy typu PRO 60.60.8040 ESPA2

V tomto projektu reverzní osmózy se řeší požadavky zákazníka na konkrétní množství a kvalitu výstupní vody neboli permeátu. Vstupním parametrem od zákazníka je kvalita surové (vstupní) vody, kterou získáme pomocí chemických rozborů. Při nevyhovujících výsledcích daných rozborů je nezbytná předúprava surové vody před vstupem do reverzní osmózy. V případě tohoto projektu bylo nutné podzemní surovou vodu před vstupem do jednotky reverzní osmózy odželeznit oxidací rozpuštěného železa chlornanem sodným a následnou pískovou filtrací. Takto předupravená voda byla před vstupem do jednotky reverzní osmózy upravena dávkováním chemikálií k zajištění ochrany membrán před oxidačním rozkladem a zanášením inkrusty (usazenin). Po návrhu předúpravy vody se přistupuje k návrhu jednotky reverzní osmózy pomocí softwarového programu. Výsledkem návrhu je stanovení počtu, typu a uspořádání membránových elementů jednotky reverzní osmózy a návrh čerpadel na základě vypočtených a doporučených průtokových a tlakových parametrů systému reverzní osmózy.

Dalším krokem je tvorba konstrukčního řešení, tvorba výkresové dokumentace. Následuje samotná výroba navrženého zařízení a vše se dokončuje testovacím provozem reverzní osmózy, při kterém se odstraňují případné nedostatky nebo odchylky oproti původním požadavkům.

Obrázek 6-1: Blokové schéma reverzní osmózy PRO 60.60.8040 ESPA2





## **6.1 Požadavky zákazníka**

### **6.1.1 Množství a kvalitu permeátu**

Permeát: 60m<sup>3</sup>/hod při kvalitě vodivosti < 20 μS/cm a teplotě 10°C

Tlak permeátu: min 1,8 bar

Výtěžnost reverzní osmózy min 80 %

### **6.1.2 Technické provedení reverzní osmózy**

Reverzní osmóza je vybavena včetně CIP stanice a automatických proplachů. Toto příslušenství reverzní osmózy umožňuje zajistit optimální provozní podmínky pro membránové elementy jednotky reverzní osmózy s cílem maximálně prodloužit jejich životnost.

CIP stanice zahrnuje čisticí čerpadlo a čisticí nádrž a slouží k chemickému čištění, proplachům a ke konzervaci membránových elementů jednotky reverzní osmózy. Automatické proplachy slouží k proplachu membrán upravenou vodou (permeátem) při každém provozním odstavení jednotky reverzní osmózy.

## **6.2 Parametry surové vody**

Parametry surové vody se získávají pomocí chemických rozborů. Pro získání přesných parametřů je zapotřebí opakovat chemické rozborů několikrát v určitých časových intervalech. Pro návrh optimální předúpravy před jednotkou reverzní osmózy a pro návrh počtu membránových elementů pro požadovaný výkon reverzní osmózy se využívají průměrné hodnoty naměřených chemických parametrů surové vody. Pro návrh typu membrán a maximální možné výtěžnosti jednotky reverzní osmózy je naopak podstatné znát maximální koncentrace iontově rozpuštěných látek v surové vodě a minimální/maximální teplotu surové vody. Tyto hodnoty se zadávají do softwarového programu, který odhadne kvalitu permeátu při navržené výtěžnosti systému a vypočítá optimální průtokové a tlakové parametry celého systému reverzní osmózy.

Obrázek 6.2-1: Výsledné hodnoty chemických rozborů surové vody pro zařízení PRO 60.60.8040 ESPA2

		25/05/2010	28/05/2010	30/05/2010	01/06/2010	03/06/2010	05/06/2010	07/06/2010	09/06/2010	11/06/2010	13/06/2010	16/06/2010
pH		7.3	7.7	7.33	7.49	7.51	7.41	7.4	7.36	7.47	7.35	7.39
conductivity	μS/cm	640	720	716	707	705	709	705	706	706	700	699
HCO <sub>3</sub>	mg/L	439	451	445	464	458	458	451	445	445	451	451
CO <sub>3</sub>	mg/L		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Total alkalinity	mmol/L	7.2	7.4	7.3	7.6	7.5	7.5	7.4	7.3	7.3	7.4	7.4
Total Hardness	CaO mg/L	191	199	193	198	197	194	194	190	188	191	193
Chemical oxygen demand	mg/L	0.58	0.19	0.46	0.45	0.29	0.45	0.46	0.28	0.29	0.28	0.36
SO <sub>4</sub>	mg/L	12	33	40	39	35	32	33	42	41	32	33
NO <sub>3</sub>	mg/L	3.4	4.3	3.7	4.2	4.5	3.8	3.3	7.4	4	5.6	4.5
NO <sub>2</sub>	mg/L	<0,02	0.01	<0,01	<0,01	0.01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cl	mg/L	7	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
PO <sub>4</sub>	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
NH <sub>4</sub>	mg/L	<0,02	<0,01	0.03	<0,01	<0,01	0.02	0.01	<0,01	<0,01	0.02	<0,01
Fe	mg/L	0.07	0.26	0.15	0.18	0.18	0.24	0.13	0.03	0.03	0.14	0.19
Mn	mg/L	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0.01	0.01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Na	mg/L	25	24.7	22.4	23.6	20.7	16.1	16.5	20.8	21	18.8	19.2
K	mg/L	1.3	1.77	0.8	0.89	1.63	0.83	0.87	0.3	0.37	1.32	0.88
Mg	mg/L	46.6	45.8	40.9	43.2	42.2	36.8	37.7	43.2	40.9	42	40.7
Ca	mg/L	60	66.1	70.7	70.4	71.4	78.1	76.6	64.7	67.1	67.6	70.9

### 6.3 Předúprava surové vody pomocí dávkovacího zařízení

Ochranu membrán reverzní osmózy před oxidačním rozkladem, biologickým zanášením a zanášením inkrusty je možné řešit dávkováním chemikálií do vstupní vody jednotky reverzní osmózy.

V případě tohoto projektu je chemická úprava vstupní vody do reverzní osmózy reprezentovaná dávkováním kyseliny sírové a antiskalantu k ochraně membrán proti zanášení inkrusty a dávkováním disiřičitanu sodného k ochraně membrán proti oxidačnímu rozkladu.

### 6.4 Výpočty RO designu – softwarový program

Pro výpočty RO designu se používá softwarový program “Hydraulics Membrane Solutions Design Software“, který na základě zadaných vstupních hodnot (požadavky zákazníka) určí výsledné parametry.

Na základě parametrů vstupní vody, požadované kvality upravené vody a požadované výtěžnosti systému byly pro návrh jednotky reverzní osmózy použity membrány typu: Hydraulics ESPA II-8040 o celkovém počtu 60 kusů. Konstrukční uspořádání 60 ks membrán se při návrhu jednotky reverzní osmózy volí pomocí programu. Cílem je zvolit takové uspořádání membrán, aby bylo při minimální recirkulaci koncentráту (odpadní vody) dosaženo rovnoměrné povrchové zatížení membrán v celém podélném profilu jednotky

reverzní osmózy (tzn. minimální rozdíl v množství produkovaného permeátu mezi prvním a posledním membránovým elementem). V uvedeném případě bylo navrženo dvoustupňové uspořádání jednotky reverzní osmózy s deseti tlakovými nádobami obsahujícími 6ks sériově zapojených membrán. První stupeň reverzní osmózy obsahuje 36ks membránových elementů rozdělených do 6ks paralelně zapojených tlakových nádob a druhý stupeň obsahuje 24ks membránových elementů rozdělených do 4ks paralelně zapojených tlakových nádob (tzn. 2° uspořádání v řazení: 1° 6x6 membrán, 2° 4x6 membrán).

Příloha č. 1 – Výpočty RO designu

## **6.5 Návrh čerpadel**

### **6.5.1 Vysokotlaké čerpadlo**

Z výpočtu (viz. Příloha č. 1) byly stanoveny požadavky na návrh vysokotlakého čerpadla (75m<sup>3</sup>/hod @ 21,8bar). Provedení čerpadla vertikální člankové odstředivé čerpadlo, provedení in-line. S ohledem na chemické složení vody použito provedení CRN tj. celonerezové provedení.

Navrženo: Vertikální članková odstředivá čerpadla CRN90-3 + CRN90-6 od výrobce Grundfos v zapojení do série.

### **6.5.2 Čerpadlo pro čištění RO**

Při návrhu se vychází z počtu tlakových rour (za dodržení požadavku dodavatele membrán tj. (5-8m<sup>3</sup>/hod @ 3,5bar) tj. pro návrh čerpadla se vycházelo ze zadaných parametrů 36m<sup>3</sup>/hod @ 3,5bar

Navrženo: Vertikální člankové odstředivé čerpadlo CRN45-2-2 od výrobce Grundfos.

## **6.6 Konstrukční řešení**

### **6.6.1 Tvorba průtokového schématu P&ID**

Průtokové schéma se tvoří postupným propojováním jednotlivých schematických značek komponentů vodorovnými nebo kolmými spojnicemi naznačujícími potrubí. U spojnic se uvádí materiál a dimenze potrubí pomocí odkazovacích čar. Každý komponent je označen pozicí, která odpovídá stejné pozici v kusovníku jednotky reverzní osmózy. V případě, že

průtokové schéma tyto pozice nemá, musí být součástí legenda s vysvětlením všech použitých symbolů a značek.

Schéma se tvoří v softwarovém programu na dvojrozměrné kreslení AutoCAD. Součástí průtokového schématu musí být také razítko, které je vyplněno dle zásad technického kreslení.

Příloha č. 2 – Průtokové schéma PRO 60.60.8040 ESPA2

### **6.6.2 Návrh nosného prvku reverzní osmózy**

Návrh konstrukčního řešení nosného prvku vychází z rozměrů a hmotnosti jednotlivých komponentů. Volba materiálu, ze kterého bude nosný prvek zhotoven, závisí na chemickém složení surové vody a pevnostních vlastnostech voleného materiálu. Vzhledem k vysokému počtu a rozměrům tlakových válců zde volíme robustní ocelový rám. Montáž na plastový nosný panel není v tomto případě možná. Ještě je třeba určit kvalitu materiálu pro ocelový rám. Jelikož obsah solí v surové vodě je velmi vysoký, je zde volena chrom-niklová nerezová ocel značená dle ČSN 10088-1 1.4301. Tato ocel má vyhovující mechanické vlastnosti. Pevnost v tahu  $R_m$  520-720 N/mm<sup>2</sup>.

Takže typ provedení a materiál je již zvolen a zbývá pouze určit rozměry nosného rámu reverzní osmózy. Rozměry se určí při samotné tvorbě výkresové dokumentace, kde po instalaci všech komponent vznikne celkový návrh designu jednotky s příslušnými rozměry.

### **6.6.3 Návrh typu skladovací nádrže**

Skladovací nádrž u reverzní osmózy slouží k proplachu a konzervaci filtračních membrán. Standardně se tedy volí plastové nádrže z materiálu HD-PE. Při velikostech od 60 litrů do 1000 litrů se používají většinou nádrže, které jsou vyráběné rotačním tvářením plastů. Rotační tvářením plastů je moderní technologie, která používá za základní materiál plastový prášek a přetváří jej pomocí gravitace, tepla, tvaru formy a pomalého otáčení do výrobku, který je dutý, nemá vnitřní pnutí a švy, má novou pravidelnou vnitřní strukturu a tvarovou paměť. [6] Jako materiál je zde granulát HD-PE přírodní barvy tedy bílé. Při velikostech větších než 1000 litrů se nádrže svařují z plastových desek materiálu PE-100 černé barvy.

Návrh velikosti nádrže vychází z minimálního objemu nádrže pro možnost optimálního proplachu/konzervace membrán. Pro membrány Hydranautics ESPA II-8040 je minimální potřebný objem 40 l/ks. Tedy výsledný minimální objem nádrže je  $60 \cdot 40 [l] = 2400$

litrů. Velikost objemu nádrže se volí s dostatečnou rezervou, v tomto případě je objem 3000 litrů. Skladovací nádrž tedy bude vařená z plastových desek PE-100 o objemu 3000 litrů.

#### **6.6.4 Návrh typu elektrického rozvaděče**

Zde se pouze volí materiál skříně pro rozvaděč. Standardně se používá skříň z černé oceli. Skříň je dále lakovaná práškovou barvou s odstínem šedé barvy RAL 9018. Pro reverzní osmózy typu SW, tedy pro slanou mořskou vodu, se používají skříně z nerezové oceli s upraveným povrchem pomocí chemického leštění. V tomto případě se volí skříň elektrického rozvaděče z nerezové oceli.

#### **6.6.5 Návrh konstrukčního řešení reverzní osmózy**

Jedná se hlavně o volbu materiálu pro potrubní rozvody. Jako standard se používá PVC-U potrubí pro nízkotlaké rozvody a potrubí z chrom-niklové nerezové oceli dle ČSN EN 10088-1 1.4571 pro vysokotlaké rozvody nad 16 bar. Jistou roli zde také hraje množství solí v surové vodě. Při velmi vysokém obsahu solí je třeba povrch nerezového potrubí upravit, nanáší se zde ochranná vrstva takzvaného Rilsan potažení. V praxi to znamená potažení kovu termoplastem, který kombinuje tepelnou stabilitu, fyzickou stálost a chemickou odolnost materiálu. Samotné konstrukční řešení reverzní osmózy je poté součástí tvorby výrobní dokumentace, kterou připravuje konstruktér. Ten vychází z průtokového schématu zařízení a vlastních zkušeností.

### **6.7 Výrobní dokumentace**

Tvorba výrobní dokumentace připravena pomocí 3D CAD systému Solid Edge. Hlavní model (sestava reverzní osmózy) je složen z vlastních „jedinečných“ komponent (rám, plastová nádrž, potrubní trasy) a normalizovaných částí (fitinky, armatury). Normalizované komponenty jsou brány z vlastních datových knihoven, případně jsou data získány přímo od dodavatele jednotlivých komponent (datové knihovny dostupné přes internet nebo dodávané na CD). Prostředí 3D umožňuje eliminovat problémy při vlastní montáži vycházející zejména z vhodného prostorového uspořádání. Proces verifikace se stává součástí procesu návrhu.

Výrobní 2D dokumentace je generována z 3D modelů. Připravuje se minimálně jeden zákaznický výkres s rozměry a parametry přípojných bodů a interní výkresy pro vlastní potřebu výroby.

Základní součástí výrobní dokumentace je i kusovník (soupis hlavních komponent). Podrobný kusovník (až na úroveň jednotlivých komponent potrubí) je veden v informačním systému SAP.

Obrázek 6.7-1: Podrobný kusovník ze systému SAP

Pos.	Menge/Einh.	Zukaufteil	Bezeichnung	Bestellung	Lieferant	Wunsch	Ist	Sta.
0001	2,000	ST	3-wege Motorkugelbahn DN100(230V)	0111000420 00010	END-Armaturen GmbH	00.00.0000		GLFT
0002	2,000	ST	Motorkugelbahn 2" (230V)	0111000420 00020	END-Armaturen GmbH	00.00.0000		GLFT
0003	2,000	ST	CRN90-3 A-FG-E-HQQE	0111000434 00010	Grundfos spol.s.r.o	00.00.0000		GLFT
0004	2,000	ST	CRN90-6 A-FG-E-HQQE, high pressure	0111000434 00020	Grundfos spol.s.r.o	00.00.0000		GLFT
0005	2,000	ST	CRN45-2-2 A-F-G-E-HQQE	0111000434 00030	Grundfos spol.s.r.o	00.00.0000		GLFT
0006	120,000	ST	Module ESPA II 8040 Flush Cut Design	0111000606 00010	Hydranautics BV	00.00.0000		GLFT
0007	20,000	ST	Druckrohr ROSZ6840-V2-31	0111000735 00010	TES GmbH	00.00.0000		GLFT
0008	2,000	ST	Softstarter SS kW # 3RW40 47-1BB04	0111000762 00010	Siemens, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0009	4,000	ST	Ventilátor softstarteru # 3RW49 47-8VB00	0111000762 00020	Siemens, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0010	2,000	ST	Softstarter 30 kW # 3RW40 37-1BB04	0111000762 00030	Siemens, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0011	2,000	ST	Jistič NZM1-M100, #265722	0111000776 00010	Sonepar spol. s r.o.	00.00.0000		GLFT
0012	2,000	ST	Jistič NZM1-M50, #265719	0111000776 00020	Sonepar spol. s r.o.	00.00.0000		GLFT
0013	10,000	ST	Pomocný kontakt 12 typ M22-K10,#216376	0111000776 00030	Sonepar spol. s r.o.	00.00.0000		GLFT
0014	2,000	ST	Pomocný kontakt 1V typ M22-K01,#216378	0111000776 00040	Sonepar spol. s r.o.	00.00.0000		GLFT
0015	2,000	ST	Jistič NZM1-A160, #281234	0111000776 00050	Sonepar spol. s r.o.	00.00.0000		GLFT
0016	2,000	ST	Podpěr. cívek NZM1-K1203-240AC,#259442	0111000776 00060	Sonepar spol. s r.o.	00.00.0000		GLFT
0017	2,000	ST	Otočná rukojet NZM1-XIVDVR,#260178	0111000776 00070	Sonepar spol. s r.o.	00.00.0000		GLFT
0018	2,000	ST	Prodlužovací osa NZM1/2-XV4, #261232	0111000776 00080	Sonepar spol. s r.o.	00.00.0000		GLFT
0019	2,000	ST	Výstražný štítek v AH,2FS61-NM7 #065957	0111000776 00090	Sonepar spol. s r.o.	00.00.0000		GLFT
0020	2,000	ST	Swing check valve Typ ZRK DN80/PN40	0111000777 00010	EG Ausland Kreditor	00.00.0000		GLFT
0021	2,000	ST	Flowmeter GF ( 60m3/hod DN100 )	0111000919 00030	KUPEN GF, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0022	2,000	ST	Flowmeter GF ( 15m3/hod DN50 )	0111000919 00040	KUPEN GF, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0023	2,000	ST	Flap trap 369 DN125(d140) PVC/EPDM	0111000919 00050	KUPEN GF, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0024	2,000	ST	Motor butterfly valve DN125(d140) PVC	0111000919 00060	KUPEN GF, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0025	2,000	ST	rovnaděš AE1213.500	0111001079 00050	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0026	2,000	ST	mod. svorkovnice Legrand 4P/125A 04886	0111001925 00010	Elfetex, spol. s r.o	00.00.0000		GLFT
0027	2,000	ST	Kompaktní svítidlo #S24140.010	0111001931 00010	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0028	2,000	ST	Upevňovací sada s magnetem #S24140.000	0111001931 00020	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0029	2,000	ST	Polohový spínač #S24315.700	0111001931 00030	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0030	2,000	ZV	ZVedrák přípojnic SV 9600.000	0111001931 00040	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0031	2,000	ZV	ZVkoncové zakrytí SV 9610.000	0111001931 00050	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0032	2,000	ZV	ZVEMINI-ELS přípojnice SV 9602.000	0111001931 00060	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0033	2,000	ST	spodní krycí díl SV 9606.000	0111001931 00070	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0034	2,000	ST	horní krycí díl SV 9609.000	0111001931 00080	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0035	2,000	ST	adaptér pro připojení SV 9612.000	0111001931 00090	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0036	10,000	ST	přístrojový adaptér SV 9616.000	0111001931 00100	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0037	4,000	ST	přístrojový adaptér SV 9629.000	0111001931 00110	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0038	1,000	ZV	ZVedrák přípojnic SV 9340.040	0111001931 00120	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0039	2,000	ZV	ZVepodpěrné izolátory SV 3031.000	0111001931 00130	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT
0040	2,000	ZV	ZVepodpěrné izolátory SV 3032.000	0111001931 00140	Rittal Czech, s.r.o.	00.00.0000		GLFT

### 6.7.1 Výrobní dokumentace pro nosný rám

Tvorba výrobního výkresu nosného rámu vychází z trojrozměrného modelu sestavy zařízení. Na výkresu je nutné uvést pozice a typy svárů, zakreslit jejich přesnou pozici neboť dle zásad technické dokumentace musí být každý svár popsán. Dále na výkresu musí být uvedena norma, podle které se rám svařuje. V našem případě podle ČSN EN 25817 třídy C, což je česká norma pro svarové spoje ocelí zhotovené obloukovým svařováním. Na výkres se také uvádí metoda svařování. Pro svařování nosného rámu použijeme metodu TIG 141, která označuje obloukové svařování netavicí se Wolframovou elektrodou v inertním plynu. Pro přehlednost se na výkresu uvádí také používaný materiál, tím jsou profily 4HR o určitých rozměrech. V neposlední řadě musí být v razítku výkresu uvedena toleranční norma rozměrů ČSN 2768-1, třída určující všeobecné tolerance nepředeepsané mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů s třídou velmi hrubá.

Příloha č. 3 – Výkres nosného rámu

## 6.7.2 Výrobní dokumentace pro plastovou nádrž

Poté, co již známe objem (viz bod 1.6.3), je třeba určit rozměry nádrže. K tomuto slouží orientační tabulka rozměrů nádrží dle obrázku 6.7.2-1.

Dalším krokem při tvorbě výrobní dokumentace nádrže je rozvržení vstupních a výstupních otvorů. Na víko nádrže jsou vstupní otvory pro permeát (příruba DN100) a koncentrát (příruba DN50). Dále na víko nádrže rozvrhneme otvor pro odvětrávání (příruba DN150) a manipulační otvor (průlez DN300). Na plášti nádrže se v jeho spodní úrovni rozvrhuje připojovací otvor pro sání čistícího čerpadla (příruba DN80) a v jeho horní úrovni otvor přepadu vody pro případ přeplnění nádrže (příruba DN125). V poslední řadě jsou na plášti nádrže otvory pro optický stavoznak (2x šroubení DN25). Po rozvržení všech připojovacích otvorů se pomocí softwarového programu WinFlath, který počítá statickou pevnost nádrže, určí tloušťky plastových desek pro plášť, dno a víko nádrže dle normy DVS 2205 viz příloha č. 5. Nyní jsou již známé veškeré potřebné údaje pro tvorbu finálního výkresu s kusovníkem pro výrobu, výkres viz příloha č. 4. Následuje tvorba rozpisky materiálu pro pilu, tvorba rozložení desek pro vodní paprsek a rezervace materiálu do systému SAP.

Příloha č. 4 – Výkres plastové nádrže

Příloha č. 5 – Statické výpočty plastové nádrže

Obrázek 6.7.2-1: Přehled rozměrů velkoobjemových nádrží z materiálu PE-100 [3]

užitečný objem - plnicí hladina 95% (litry)	vnitřní průměr (mm)	vnější průměr (mm)	výška válcovité části (mm)	celková výška (mm)	prázdná hmotnost (kg)
500	800	přibl. 860	1050	přibl. 1300	přibl. 50
750	1000	přibl. 1060	1050	přibl. 1300	přibl. 60
1000	1000	přibl. 1060	1350	přibl. 1600	přibl. 70
1250	1200	přibl. 1260	1150	přibl. 1400	přibl. 80
1500	1200	přibl. 1260	1400	přibl. 1650	přibl. 90
2000	1400	přibl. 1480	1400	přibl. 1650	přibl. 100
2500	1400	přibl. 1480	1700	přibl. 1950	přibl. 130
3000	1600	přibl. 1680	1550	přibl. 1800	přibl. 170
3500	1700	přibl. 1780	1550	přibl. 1800	přibl. 190
4000	1700	přibl. 1780	1850	přibl. 2100	přibl. 220
5000	1900	přibl. 1980	1850	přibl. 2100	přibl. 280
6000	2000	přibl. 2080	1950	přibl. 2250	přibl. 350
7000	2150	přibl. 2250	1950	přibl. 2250	přibl. 400
8000	2150	přibl. 2250	2250	přibl. 2550	přibl. 500
10000	2150	přibl. 2250	2900	přibl. 3200	přibl. 600
12000	2150	přibl. 2250	3400	přibl. 3700	přibl. 700

### **6.7.3 Výrobní dokumentace elektrického rozvaděče**

Při tvorbě výrobní dokumentace rozvaděče se nejprve prostuduje zadání a zjistí se elektrické připojení rozvaděče v místě spuštění reverzní osmózy. Poté se musí prověřit elektrické připojení jednotlivých komponent z datových listů. Navrhne a nakreslí se elektrické schéma, ve kterém je znázorněno propojení jednotlivých komponent (jističe, stykače, pojistky, relé atd.) pomocí vodících drátů. Dále se navrhne velikost rozvaděče podle počtu a velikosti všech použitých elektrických prvků. Následuje zhotovení montážního výkresu, to je uspořádání komponent na montážní desku rozvaděče. Schází už jen tvorba kusovníku všech použitých prvků. Posledním krokem je zadání materiálu do systému SAP, který automaticky vytvoří požadavek na objednávku materiálu k příslušnému projektu.

### **6.7.4 Výrobní dokumentace reverzní osmózy**

Zahrnuje výrobní výkres celé sestavy zařízení, výrobní výkresy potrubních částí, kusovníky, rozpisku na pilu a také rezervace materiálu do systému SAP.

Výkres sestavy s potřebnými detaily pro jednoduchost orientace v prostoru. Výkresy potrubních dílců pro nerezové i plastové rozvody. Na těchto výkresech musí být opět předepsáno vše dle zásad technického kreslení (tolerance, platné normy, výrobní technologie pro svařování a lepení). V případě potřeby výroby některé nestandardní součástky, která se nedá koupit od dodavatele, je součástí výrobní dokumentace výrobní výkres pro obráběcí stroj a nářezový plán ve dvourozměrném programu AutoCad pro vodní pilu. Tvorba kusovníku hlavních komponent by měl být součástí výkresu sestavení, popřípadě samostatný dokument, ale s odkazem na platný výkres. Podrobný kusovník je veden pouze v systému SAP, do kterého je materiál zadáván.

Příloha č. 6 – Výkres PRO 60.60.8040 ESPA2

## **6.8 Výroba**

### **6.8.1 Výroba nosného rámu z nerezové oceli**

Před začátkem samotné výroby nosného rámu je dobré zkontrolovat dodaný materiál. Jedná se hranaté profily z nerezové oceli s označením 1.4301. Profily se poté musí nařezat na míru jednotlivých dílců na základnu a nadstavbu nosného rámu. Při výrobě se tedy konstrukce rámu rozdělí na dvě části (základnu a nadstavbu) a po výrobě jednotlivých částí se teprve vzájemně sjednotí. Hranaté profily se svařují pomocí koutových svarů metodou TIG.



Jako první se sestaví a následně postupně stehuje základna nosného rámu. Stejný postup následuje i pro nadstavbovou část rámu. Nyní se zavaří svary na obvodové konstrukci obou částí. Svary se částečně zavaří nejprve z jedné a po otočení také z druhé strany pro dosažení menšího pnutí materiálu. Tento proces se aplikuje také pro zavaření vnitřních profilů základny a nadstavby. Poté je možné obě části svařit dohromady a vytvořit tak konstrukčně finální podobu nosného rámu. Při svařování vždy dodržujeme polohu svařování PA a PB. Svary v místech, kde budou dosedat další části konstrukce, se musí zabrousit úhlovou bruskou. Na konec se provádí kontrola rozměrů a kvality svarů. Po kontrole jde hotový rám do mořírny k následnému upravení povrchu mořením a pasivací.

Všeobecná ustanovení:

Svařování provádět podle údajů nad rohovým razítkem výkresu.

Pomocí svěrek provádět předepínání jednotlivých profilů pro omezení tepelných deformací.

Obvod rámu sestavovat a svařovat v úhlových svěrkách.

Svářeč musí mít k dispozici vypracované dokumenty WPS.

Požadovaná kvalifikace svářeče: EN 287-1 141 P BW 8 S t3.0 PA ss nb

EN 287-1 141 P FW 8 S t2.0 PB sl

### **6.8.2 Výroba plastové nádrže**

Výroba nádrže začíná nařezáním plastových desek dle připravené rozpisky na vertikální stojanové pile. Desky, které mají jiný než hranatý tvar, se dále upravují na vodním paprsku (např. kulaté dno a víko). K hotovým deskám se ze skladu vybere ostatní potřebný materiál pro výrobu. V dalším kroku se z nařezané desky svaří plášť nádrže na svářecím stroji. Poté se pomocí svářecí pistole a svařovacího drátu přivaří dno k plášti. V plášti se vyvrtají otvory pro přípojovací příruby a šroubení pro stavoznak pomocí korunkového vrtáku a vrtačky. Na desku víka se pomocí svářecí pistole navaří lemové nákrážky s přírubami, manipulační otvor a nezbytné výztuhy podle výrobního výkresu. Hotové víko se přivaří k plášti pomocí svářecí pistole. Následuje přivaření závěsných ok, montáž stavoznaku se stupnicí, štítku a odvětrávacího hříbku. Po výrobě nádrže následuje výstupní kontrola. Provádí se kontrola rozměrů, kontrola těsnosti a vizuální kontrola viz příloha.

Příloha č. 7 – Protokol o zkoušce těsnosti

Obrázek 6.8.2-1: Plastová nádrž 3000 litrů z materiálu PE-100



### 6.8.3 Výroba elektrického rozvaděče

Po dodání materiálu ze skladu do výroby se nejprve upraví skříň rozvaděče tak, že se vyvrtají otvory pro vypínače a vyřežou otvory pro ovládací prvky dle výrobní dokumentace. Provede se rozložení přístrojů na montážní desku rozvaděče podle montážního výkresu. Dále se připevní montážní lišta pomocí šroubových spojů na montážní desku rozvaděče na základě předchozího rozvržení komponentů. Poté se jednotlivé prvky osadí na montážní lištu a propojí se vodiči přesně tak, jak je vyznačeno ve schématu zapojení. Jednotlivé žíly vodičů se označí pomocí nálepek a popisů. Následuje napěťová zkouška, zkouška izolačních stavů a měření přechodového odporu ochranného vodiče. Hotový rozvaděč se namontuje na osazenou plastovou desku reverzní osmózy.

#### **6.8.4 Výroba reverzní osmózy**

Při výrobě reverzní osmózy se nejprve osadí plastová deska pro instalaci elektrorozvaděče a jiných komponent na nosný rám. Jako další krok je usazení tlakových čerpadel pomocí šroubových spojů. Následuje montáž vstupních filtrů z nerezové oceli na rám. Poté se nerezový rám postupně osadí 10 kusy tlakových rour, které se ukládají do speciálních objímek pro ně určených. Po osazení těchto komponent následuje montáž nízkotlakých potrubních rozvodů z PVC-U materiálu na vstupu do filtrů a dále až po sání do tlakových čerpadel. Potrubí se lepí pomocí lepidla Tangit a upevňuje k nosnému rámu pomocí potrubních objímek. Dále se na plastovou desku namontují třicestné kohouty a propojí se potrubím z PVC-U materiálu na již hotové sání do tlakových čerpadel. Instalace vysokotlakého potrubí z nerezové oceli na výtlačné straně z tlakových čerpadel a propojení mezi jednotlivými tlakovými rourami. Nerezové potrubí se svařuje pomocí metody TIG. Zároveň se provádí montáž potrubních rozvodů koncentrátu a permeátu z PVC-U. Poté se usadí plastová nádrž dle výkresu a propojí se pomocí plastového potrubí s čistícím čerpadlem, které se dále propojuje na výtlačnou stranu z vysokotlakých čerpadel pomocí přírubového spoje. V dalším kroku se instalují manometry a tlakový spínač do potrubí. Následuje montáž elektrorozvaděče a kabelových tras. Zapojení čerpadel a ostatních komponent, které jsou poháněné elektrickým proudem. Zbývá už jen naplnění tlakových rour membránami Hydronautics a polepení sestavené reverzní osmózy typovými štítky pro hlavní komponenty. Následuje testovací provoz.

#### **6.9 Testovací provoz**

Při testovacím provozu se simulují skutečné provozní podmínky testovaného zařízení. Surová voda je tedy uměle upravena na požadované hodnoty (viz bod 1.2). Provádí se samozřejmě zkouška těsnosti všech potrubních rozvodů a jejich spojů a plnohodnotná funkční zkouška celého zařízení.

Zařízení se napojí mechanicky na testovací nádrž s připravenou vstupní vodou. Připojí se napájecí kabel 3x 400 V, je třeba dbát na správný sled fází. Poté se nastaví jističe a motorové spouštěče. Po připojení všech potřebných zdrojů, se jako první udělá zkouška těsnosti spojů zařízení. Dále se nastaví veškeré požadované parametry softwarového řízení. Zkontroluje se funkce ventilů, které mají motorový pohon. Udělá se analýza poruchových hlášení a kontrola svorkovnice externího napětí. Zařízení je dále nutné propláchnout surovou vodou, aby se odstranily konzervační prvky z membrán. Následuje odvzdušnění tlakových

čerpadel, aby mohla plnohodnotně pracovat. Také je důležité zkontrolovat směr otáčení motorů čerpadel, neboť se může stát, že při zapojení kabelu dojde k záměně fází.

Nyní může být spuštěn plný testovací provoz jednotky. Nastaví se průtoky permeátu, koncentrátu a tlakových čerpadel. Poté co je vše správně nastaveno se reverzní osmóza nechá 2 hodiny pracovat a pravidelně se kontrolují a zapisují nastavené průtokové hodnoty. Při bezproblémovém průběhu výše popsaného postupu je zařazení plně funkční a následuje konzervace. Odvzdušní se čerpadlo pro čištění RO. Zkontroluje se směr otáčení jeho motoru. V plastové nádrži se připraví konzervační roztok (složení: 78% permeát, 20% glykol a 2% natrium). Kohouty se nastaví na uzavřený okruh jednotky a spustí se konzervační proces. Ten trvá, dokud se konzervační roztok neprotlačí do potrubních rozvodů permeátu a do membrán samotných. Poté je možné odčerpat zbylý roztok z plastové nádrže. Nyní se může odpojit mechanické připojení surové vody a napájení. Odpojené připojovací otvory je třeba zazátkovat. Na konec se přiloží vyplněný a podepsaný zkušební protokol a reverzní osmóza se opatří typovým štítkem. Tímto je zařízení připraveno k transportu.

#### Příloha č. 8 – Zkušební protokol PRO 60.60.8040 ESPA2

Obrázek 6.9-1: Příprava zařízení PRO 60.60.8040 ESPA2 pro transport



## 6.10 Shrnutí dosažených výsledků projektu

V projektu se řešila realizace úpravy surové vody pomocí reverzní osmózy s nutnou předúpravou pomocí dávkování chlornanu sodného a pískové filtrace. Požadavek zákazníka na kvalitu permeátu byl průtok 60 m<sup>3</sup>/hod při kvalitě vodivosti < 20 μS/cm a teplotě 10°C. Požadovaná výtěžnost reverzní osmózy byla 80%. Dalším cílem projektu bylo naplnění očekávání na kvalitu zařízení při dodržení cenového limitu 103.417,- € stanoveného cenovou nabídkou. Tyto náročné požadavky na řešení projektu se navíc museli vejít do realizace v termínu 10ti týdnů.

Navrženo bylo technické provedení reverzní osmózy s CIP stanicí a funkcí automatických proplachů. Toto provedení zajistilo optimální parametry chemického čištění, proplachování a konzervace membránových elementů. Dle naměřených parametrů surové vody byla stanovena potřebná předúprava této vody pomocí jednoduchého dávkovacího systému. Do vstupní vody se dávkovala kyselina sírová a antiskalant k ochraně membrán proti zanášení inkrusty a dávkoval se disiřičitan sodný k ochraně membrán proti oxidačnímu rozkladu.

V softwarovém programu “Hydraulics Membrane Solutions Design Software“ jsme provedli výpočty, kde na základě vstupních parametrů byl navržen počet, typ a uspořádání membránových elementů, potřebný tlak a průtok čerpadel. Po stanovení těchto elementů bylo navrženo konstrukční řešení reverzní osmózy pomocí průtokového schématu a tvorby výrobní dokumentace na jednotlivé konstrukční prvky reverzní osmózy. Z výrobní dokumentace pro celkové zařízení vycházela tvorba výkresů pro nosný rám, plastovou nádrž a elektrický rozvaděč. Součástí tvorby výrobní dokumentace je také objednání všech potřebných komponentů a materiálů pro samotnou výrobu navrženého produktu.

Při výrobě reverzní osmózy se nejprve vyráběl nosný rám z nerezové oceli, který je základním stavebním kamenem tohoto zařízení. Současně s výrobou nosného rámu se vyráběla plastová nádrž a také elektrický rozvaděč. Po zhotovení těchto dílů se začalo s výrobou reverzní osmózy postupným osazováním nosného rámu jednotlivými prvky zařízení. S dokončením výroby dle výrobní dokumentace byl spuštěn testovací provoz jednotky pro simulaci skutečného provozu v místě finální instalace. Následovala konzervace membránových elementů a příprava k transportu reverzní osmózy.

## 7 Závěr

Reverzní osmóza patří mezi dlouhodobě používané a velmi rozšířené zařízení na úpravu vody. Své užití má v oblasti zdravotnictví, akvaristiky, průmyslu i v domácnostech. Nejvíce se však používá k úpravě pitné vody například z vody mořské, toto využití reverzní osmózy řeším v hlavní části své bakalářské práce.

Ve své práci jsem čtenáři nejprve vysvětlil problematiku úpravy vody pomocí membránových technologií a uvedl rozdíly mezi jednotlivými druhy těchto technologií. V další části práce jsem se věnoval rozdělení jednotlivých typů reverzní osmózy od společnosti ProMinent Systems spol. s r. o. Dále jsem oslovil konkurenční společnosti působící na českém trhu pro možnost porovnání typově podobných zařízení, která vyrábí výše uvedená firma.

V hlavní části této práce jsem řešil skutečný projekt, kde zákazník požadoval úpravu mořské vody na vodu pitnou pomocí reverzní osmózy a předúpravy vody. V projektu jsem krok po kroku popsal postup při realizaci od návrhu řešení až po samotnou výrobu a testovací provoz zařízení. Na závěr tohoto projektu jsem shrnul vše podstatné, čímž byly naplněny předem stanovené cíle.

Jsem přesvědčen, že téma bakalářské práce jsem důsledně a do podrobností rozpracoval a vysvětlil takovým způsobem, že i tématu neznalý čtenář by měl z této práce pochopit, co vlastně zařízení na úpravu vody – reverzní osmóza je, jak pracuje a kde se používá.

## 8 Použité zdroje a literatura

- [1] Profil společnosti ProMinent Systems spol. s r. o. [2014-1-25] Dostupné z:  
<<http://www.prominentsystems.cz/systemove-clanky/experts-in-chem-feed-ant-water-treatment.htm>>
- [2] Princip membránové technologie [2014-1-28] Dostupné z:  
<<http://www.wet-team.cz/files/konference/2010/PV2010%20sbornik/19-Honzajkova.pdf>>
- [3] Katalog produktů ProMinent 2009 [2013-11-24] Dostupné z:  
<http://www.prominent.cz/>
- [4] HÜBNER, P.: Úprava vody v energetice. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2010
- [5] Profil společnosti CULLIGAN Czech s r. o. [2014-2-8] Dostupné z:  
<<http://www.culligan.cz/technologie/reverzni-osmoza/mfp/>>
- [6] Výroba plastů: Rotační tváření plastů – plastové jímky [2014-3-15] Dostupné z:  
<<http://www.czplast.com/technologie-vyroby/#&panel1-1>>

## **PŘÍLOHA č. 1**

### **Výpočty RO designu**



PERMEATE THROTTLING(ALL STAGES)

RO program licensed to:

Calculation created by:

Project name: PMHU\_60 m3h

HP Pump flow: 75,0 m3/hr

Permeate flow: 60,00 m3/hr

Raw water flow: 75,0 m3/hr

Permeate throttling(All st.): 1,8 bar

Feed pressure: 20,8 bar

Permeate recovery: 80,0 %

Feedwater Temperature: 10,0 C(50F)

Feed water pH: 7,2

Element age: 3,0 years

Chem dose, ppm (100%): 40,8 H2SO4

Flux decline % per year: 15,0

Salt passage Increase, %/yr: 10,0

Average flux rate:

26,9 lm2hr

Feed type: Well Water

Stage	Perm. Flow m3/hr	Flow/Vessel Feed m3/hr	Conc m3/hr	Flux lm2-hr	Beta	Conc.&Throt. Pressures bar	bar	Element Type	Elem. No.	Array
1-1	38,2	12,5	6,1	28,5	1,15	18,7	1,8	ESPA2	36	6x6
1-2	21,9	9,2	3,8	24,5	1,20	17,3	1,8	ESPA2	24	4x6

Ion	Raw water		Feed water		Permeate		Concentrate	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	67,0	3,3	67,0	3,3	0,346	0,0	333,6	16,6
Mg	47,0	3,9	47,0	3,9	0,243	0,0	234,0	19,3
Na	25,0	1,1	25,0	1,1	0,617	0,0	122,5	5,3
K	2,0	0,1	2,0	0,1	0,062	0,0	9,8	0,3
NH4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0
Ba	0,100	0,0	0,100	0,0	0,001	0,0	0,498	0,0
Sr	1,000	0,0	1,000	0,0	0,005	0,0	4,979	0,1
CO3	0,9	0,0	0,2	0,0	0,000	0,0	1,0	0,0
HCO3	451,0	7,4	401,2	6,6	3,666	0,1	1991,5	32,6
SO4	33,0	0,7	73,0	1,5	0,093	0,0	364,8	7,6
Cl	4,0	0,1	4,0	0,1	0,020	0,0	19,9	0,6
F	1,0	0,1	1,0	0,1	0,010	0,0	5,0	0,3
NO3	4,3	0,1	4,3	0,1	0,160	0,0	20,9	0,3
B	0,10		0,10		0,055		0,28	
SiO2	25,0		25,0		0,16		124,3	
CO2	17,83		56,10		56,10		56,10	
TDS	661,4		651,0		5,4		3233,0	
pH	7,7		7,2		5,2		7,8	

	Raw water	Feed water	Concentrate
CaSO4 / Ksp * 100:	1%	2%	16%
SrSO4 / Ksp * 100:	1%	2%	15%
BaSO4 / Ksp * 100:	203%	438%	3067%
SiO2 saturation:	23%	23%	113%
Langelier Saturation Index	0,27	-0,28	1,66
Stiff & Davis Saturation Index	0,20	-0,35	1,49
Ionic strength	0,01	0,01	0,06
Osmotic pressure	0,3 bar	0,3 bar	1,6 bar

Product performance calculations are based on nominal element performance when operated on a feed water of acceptable quality. The results shown on the printouts produced by this program are estimates of product performance. No guarantee of product or system performance is expressed or implied unless provided in a separate warranty statement signed by an authorized Hydramatics representative. Calculations for chemical consumption are provided for convenience and are based on various assumptions concerning water quality and composition. As the actual amount of chemical needed for pH adjustment is feedwater dependent and not membrane dependent, Hydramatics does not warrant chemical consumption. If a product or system warranty is required, please contact your Hydramatics representative. Non-standard or extended warranties may result in different pricing than previously quoted.  
Hydramatics (USA) Ph:(760)901-2500 Fax:(760)901-2578 info@hydramatics.com  
Hydramatics (Europe) Ph: 31 5465 88355 Fax: 31 5465 73266 (24/7)

PERMEATE THROTTLING(ALL STAGES)

RO program licensed to:  
Calculation created by: Sova  
Project name: PMHU\_60 m3h  
HP Pump flow: 75,0 m3/hr  
Permeate flow: 60,00 m3/hr  
Raw water flow: 75,0 m3/hr  
Permeate throttling(All st.): 1,8 bar  
Permeate recovery: 80,0 %  
Feed pressure: 20,8 bar  
Feedwater Temperature: 10,0 C(50F)  
Feed water pH: 7,2  
Element age: 3,0 years  
Chem dose, ppm (100%): 40,8 H2SO4  
Flux decline % per year: 15,0  
Salt passage increase, %/yr: 10,0  
Average flux rate: 26,9 lm2hr  
Feed type: Well Water

Stage	Perm. Flow m3/hr	Flow/Vessel Feed m3/hr	Conc m3/hr	Flux lm2-hr	Beta	Conc.&Throt. Pressures bar	bar	Element Type	Elem. No.	Array
1-1	38,2	12,5	6,1	28,5	1,15	18,7	1,8	ESPA2	36	6x6
1-2	21,9	9,2	3,8	24,5	1,20	17,3	1,8	ESPA2	24	4x6

Stg	Elem no.	Feed pres bar	Pres drop bar	Perm flow m3/hr	Perm Flux lm2hr	Beta	Perm sal TDS	Conc osm pres	CaSO4	Concentrate saturation levels SrSO4	BaSO4	SiO2	Lang.
1-1	1	20,8	0,5	1,1	30,2	1,09	2,5	0,4	2	2	491	25	-0,2
1-1	2	20,3	0,4	1,1	29,4	1,10	2,4	0,4	3	3	555	28	-0,1
1-1	3	19,9	0,4	1,1	28,7	1,10	2,5	0,4	3	3	633	31	0,0
1-1	4	19,5	0,3	1,0	28,1	1,11	2,6	0,5	4	3	732	35	0,2
1-1	5	19,2	0,3	1,0	27,5	1,13	2,8	0,6	4	4	861	40	0,4
1-1	6	18,9	0,2	1,0	27,0	1,15	3,1	0,7	5	5	1033	46	0,5
1-2	1	18,5	0,3	1,0	25,0	1,10	3,3	0,7	6	6	1181	52	0,7
1-2	2	18,2	0,3	0,9	25,4	1,12	3,6	0,8	7	7	1368	58	0,8
1-2	3	17,9	0,2	0,9	24,8	1,13	3,9	0,9	8	8	1610	66	1,0
1-2	4	17,7	0,2	0,9	24,2	1,15	4,4	1,1	10	9	1934	77	1,2
1-2	5	17,5	0,1	0,9	23,6	1,17	5,0	1,3	12	12	2387	92	1,4
1-2	6	17,4	0,1	0,9	22,9	1,20	5,7	1,6	16	15	3054	113	1,7

Stage	NDP bar
1-1	18,3
1-2	15,9

PERMEATE THROTTLING(ALL STAGES)

RO program licensed to:				
Calculation created by: Sova				
Project name:	PMHU_60 m3h	Permeate flow:	60,00	m3/hr
HP Pump flow:	75,0 m3/hr	Raw water flow:	75,0	m3/hr
		Permeate throttling(All st.):	1,8	bar
Feed pressure:	20,8 bar	Permeate recovery:	80,0	%
Feedwater Temperature:	10,0 C(50F)			
Feed water pH:	7,2	Element age:	3,0	years
Chem dose, ppm (100%):	40,8 H2SO4	Flux decline % per year:	15,0	
		Salt passage Increase, %/yr:	10,0	
Average flux rate:	26,9 lm2hr	Feed type:	Well Water	

\*\*\*\*\* THE FOLLOWING PARAMETERS EXCEED RECOMMENDED DESIGN LIMITS: \*\*\*\*\*

Concentrate saturation of SiO2 too high (113%)

The following are recommended general guidelines for designing a reverse osmosis system using Hydranautics membrane elements. Please consult Hydranautics for specific recommendations for operation beyond the specified guidelines.

Feed and Concentrate flow rate limits

Element diameter	Maximum feed flow rate	Minimum concentrate rate
8.0 Inches	75 gpm (283.9 lpm)	12 gpm (45.4 lpm)
8.0 Inches(Full Fit)	75 gpm (283.9 lpm)	30 gpm (113.6 lpm)

Concentrate polarization factor (beta) should not exceed 1.2 for standard elements

Saturation limits for sparingly soluble salts in concentrate

Soluble salt	Saturation
BaSO4	600%
CaSO4	230%
SrSO4	800%
SiO2	100%

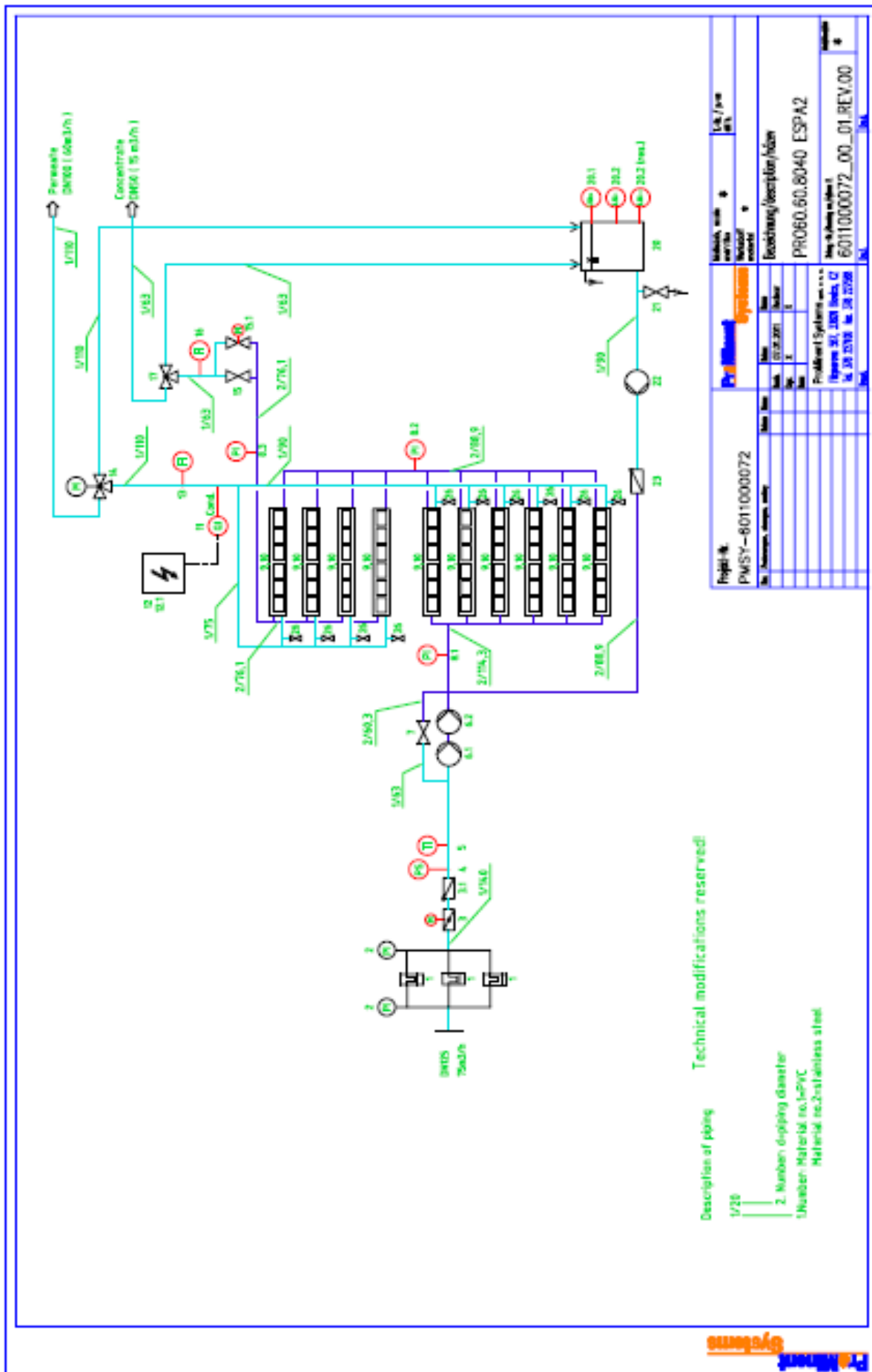
Langelier Saturation Index for concentrate should not exceed 1,8

The above saturation limits only apply when using effective scale inhibitor.  
Without scale inhibitor, concentrate saturation should not exceed 100%.

Product performance calculations are based on nominal element performance when operated on a feed water of acceptable quality. The results shown on the printouts produced by this program are estimates of product performance. No guarantee of product or system performance is expressed or implied unless provided in a separate warranty statement signed by an authorized Hydranautics representative. Calculations for chemical consumption are provided for convenience and are based on various assumptions concerning water quality and composition. As the actual amount of chemical needed for pH adjustment is feedwater dependent and not membrane dependent, Hydranautics does not warrant chemical consumption. If a product or system warranty is required, please contact your Hydranautics representative. Non-standard or extended warranties may result in different pricing than previously quoted.  
Hydranautics (USA) Ph:(780)901-2500 Fax:(780)901-2578 info@hydranautics.com  
Hydranautics (Europe) Ph: 31 5465 88355 Fax: 31 5465 73286 (24/7)

## **PŘÍLOHA č. 2**

### **Průtokové schéma PRO 60.60.8040 ESPA2 + kusovník hlavních součástí**

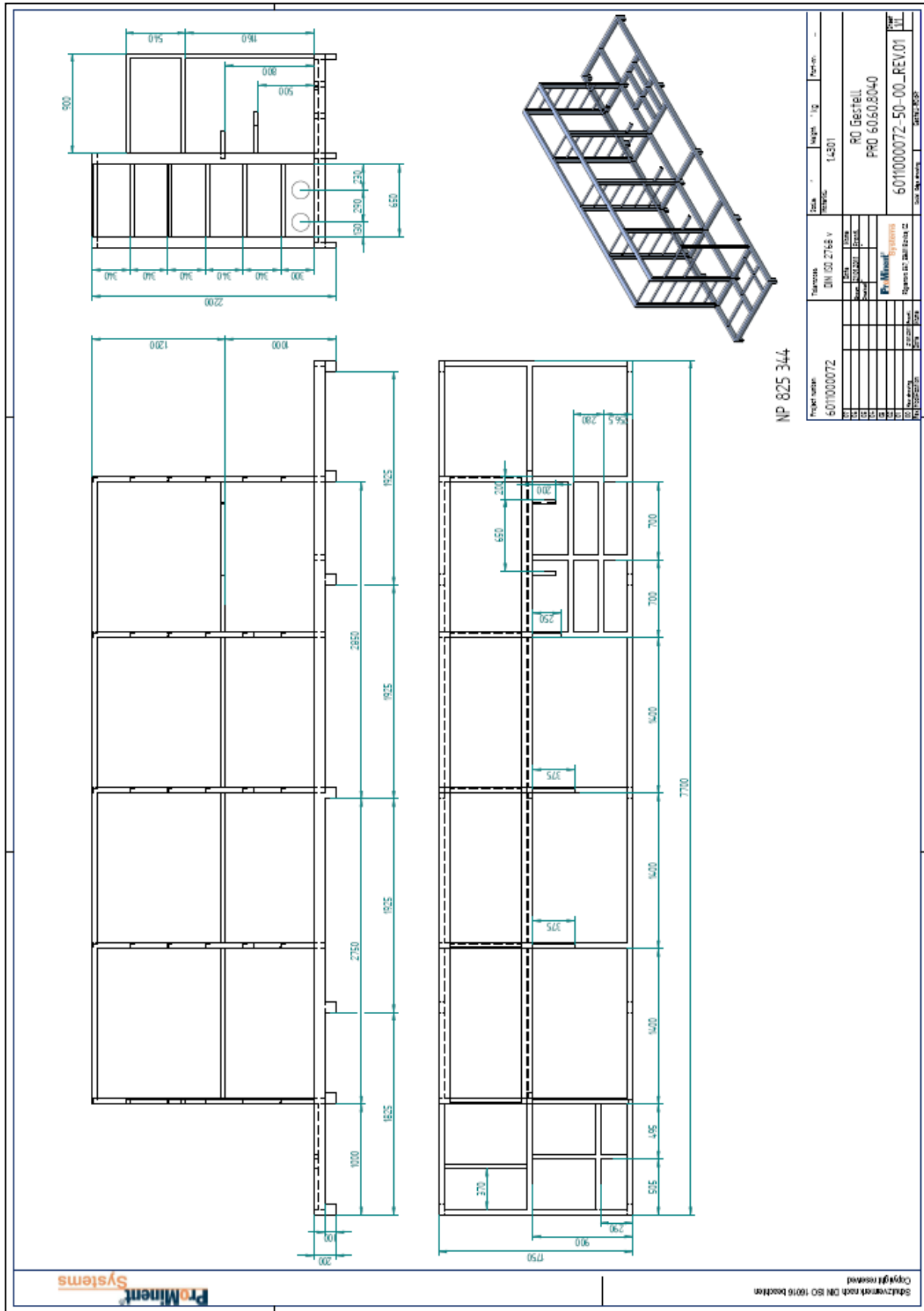


# ProMinent Systems®

Stückliste Bill of Material		UO-Anlage / RO-UNIT PRO 60.60.8040 ESPA2 Komponenten - Components			Revision:		Zeichnungs-Nr.: Drawing-no.		Datum/Dater: 04.01.2011 Name: PB		
Projekt-Nr.: 6011000072 - PM Hungary	Bezeichnung	Description	Type	Daten	Material	Hersteller					
Pos.	Anz. Qty.	Artikel-Nr. Part-No.									
1	3	1004939	Partikelfilter	Bag filter housing	EBF-0102	1.4571	HAYWARD				
1.1	6	1004910	Filterbeutel	Filter bag	PEAS-P02S-40W	PP	HAYWARD				
2	2	1003625	Manometer	Pressure gauge	01.18.. (D=63 mm)	1.4571	Druck & Temperatur				
3	1	-	2-Wege-Motorklappe	2-way motor butterfly valve	567 (230 V AC)	PVC-U	Georg Fischer				
3.1	1	-	Rückschlagklappe	Flap trap	369	PVC-U	Georg Fischer				
4	1	1003149	Druckschalter	Pressure switch	FF 4 - 8 Day	3/8"	Fanal				
5	1	1003630	Thermometer	The thermometer	2961	stainless steel	Druck & Temperatur				
6.1	1	-	Pumpe (22 kW)	High pressure pump (22kW)	CRN90-3	DN100	Grundfos				
6.2	1	-	Pumpe (45 kW)	High pressure pump (45kW)	CRN90-6	DN100	Grundfos				
7	1	1003503	Kugelhahn	Ball valve	360-5l	stainless steel	Schweier				
8.1-8.3	3	1003626	Manometer	Pressure gauge	01.18.. (D=63 mm)	stainless steel	Druck & Temperatur				
9	10	-	Druckrohr (6 Module / 31 bar) kpl	Pressure vessel ( 6 modules / 31 bar )	ROBZ6M40-VZ-31	TEC	Hydranautics				
10	60	1026389	UO-Modul	RO-membrane	ESPA4-7	Composite	PM				
11	1	1020510	Leitfähigkeitsmeßzelle mit PT 100	Conductivity sensor	LMP 01	3/4"	Rittal/ProMinent				
12	1	-	Schaltschrank	Electrical cabinet	UO-Steuereinheit 24VAC	1000x1200x300	ProMinent				
12.1	1	1005082	Steuerung UO	RO-controller	SIGNET	DN100	Georg Fischer				
13	1	-	Durchflußmesser (für 60 m³/h)	Flow meter (für 60 m³/h)	ZD311410-NE384100	DN100 (230 V AC)	END				
14	1	-	3-Wege-Motor-Kugelhahn	3-way motor ball valve	360-5l	stainless steel	Schweier				
15	1	1003503	Kugelhahn	Ball valve	360-5l	2"	END				
15.1	1	-	Motor-Kugelhahn	Motor ball valve	ZA310028-NE054100	2"	END				
16	1	-	Durchflußmesser (für 15 m³/h)	Flow meter (für 15 m³/h)	SIGNET	DN50	Georg Fischer				
17	1	1003500	3-Wege-Kugelhahn	3-way ball valve	Typ 543 - L	DN50	Georg Fischer				
20	1	-	Reinigungstank (schwarz)	Cleaning tank	PMSY-2500	ID=1400 / H=1900	ProMinent				
20.1-20.3	3	1009349	Niveaumelder (Bl-Stationärer Kontakt)	Level switch	BK 390	PE	ProM				
21	1	1024544	Kugelhahn	Ball valve	Typ 546	DN50	Georg Fischer				
22	1	-	Reinigungspumpe (5,5 kW)	Cleaning pump (5,5 kW)	CRN45-2-2	DN80	Grundfos				
23	1	-	Rückschlagklappe	Swing check valve	ZRK	DN80	END				
26	10	1004742	Probenahmeventil	Sampling valve	RG R1/4"	1/4"	Prather				
	1	-	UO-Gestell	Stainless Steel frame		7100x1800x1500	ProMinent Systems				

## **PŘÍLOHA č. 3**

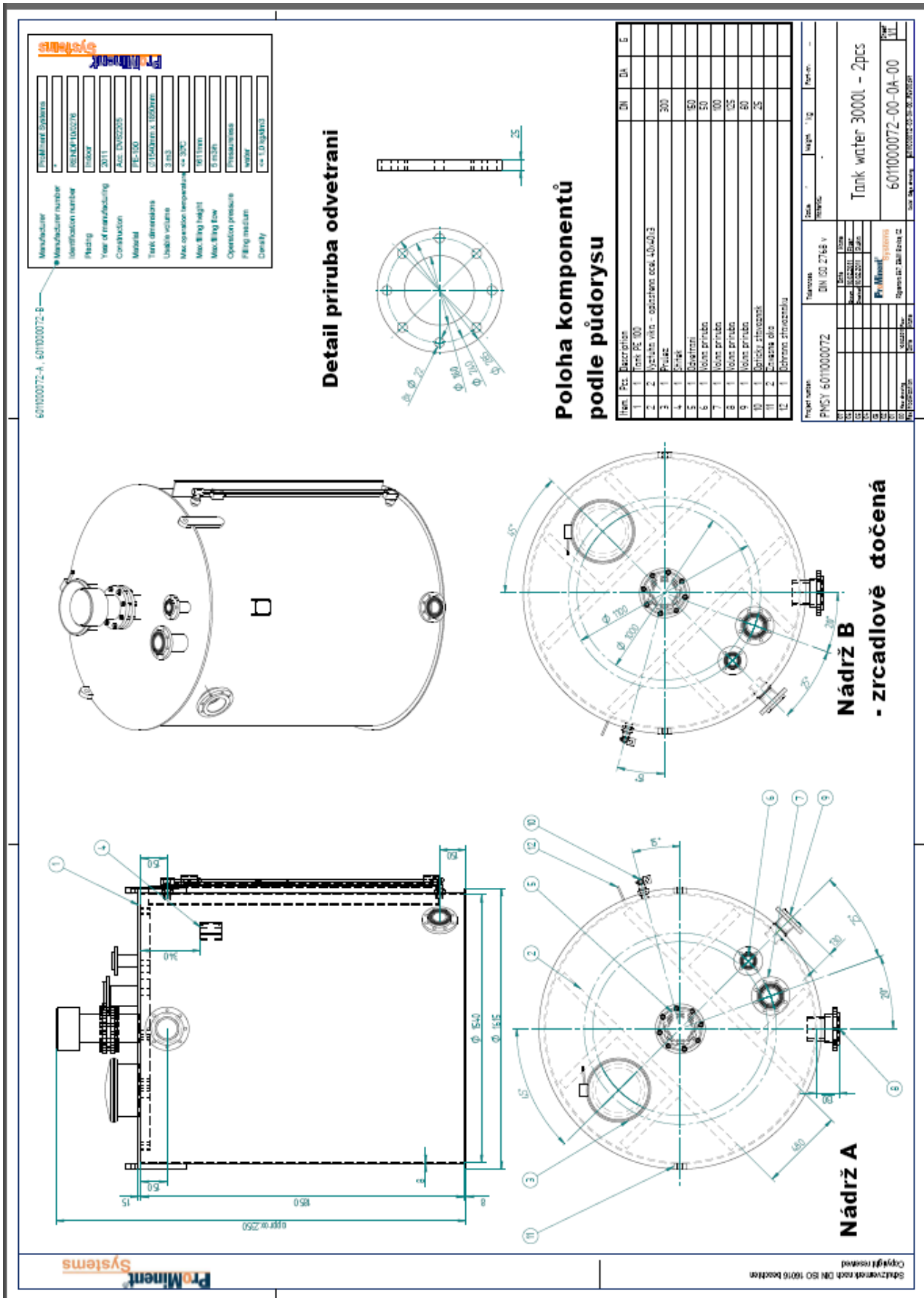
### **Výkres nosného rámu**





## **PŘÍLOHA č. 4**

### **Výkres plastové nádrže**



## **PŘÍLOHA č. 5**

### **Statické výpočty plastové nádrže**

## PE 100 tank with flat bottom (S = 2,00 )

Project: Project: NAMENLOS Filename: NAMENLOS  
Client: 6011000072-A  
/

Site:

Installation: 25 years indoor without collecting tank  
mean temperature in room 20,0°C, max. temperature in room = 20,0°C

Filling: zz) Extra medium density = 10,0 kN/m<sup>3</sup>  
used volume = 3,20 m<sup>3</sup> filling height = 1,72 m  
mean media temperature = 30,0°C max. media temperature = 30,0°C  
A<sub>2</sub> = 1,00 A<sub>21</sub> = 1,00

Pressures: p<sub>0</sub> = 0,000 bar p<sub>u</sub> = 0,000 bar p<sub>0K</sub> = 0,005 bar p<sub>uK</sub> = 0,003 bar  
p<sub>us</sub> = 0,00 kN/m<sup>2</sup> p<sub>eu</sub> = 0,00 kN/m<sup>2</sup> wind impact pressure q = 0,00 kN/m<sup>2</sup>

Loads: g<sub>A</sub> = 0,50 kN/m<sup>2</sup> G<sub>A</sub> = 0,0 kN P<sub>v</sub> = 0,0 kN n<sub>is</sub> = 0 b<sub>is</sub> = 0 mm  
p<sub>s</sub> = 0,00 kN/m<sup>2</sup> Awd = 0,00 m<sup>2</sup> hwd = 0,00 m Awl = 0,00 m<sup>2</sup>/m

Flat roof with 2 parallel stiffeners. The plate of the roof is made of one piece.  
Extension of bottom is free (PE-plate).

### Dimensions

Inner diameter d = 1540 mm  
Total height h<sub>0</sub> = 1850 mm Measure of setting up = 2469 mm  
Height of roof h<sub>0</sub> = 0 mm  
Height of 1. course h<sub>z,1</sub> = 1850 mm + about 38 mm

### Thicknesses

Thickness of the roof s<sub>0</sub> = 15,0 mm  
Stiffeners: s<sub>s</sub> = 15,0 mm h<sub>s</sub> = 120 mm (0,62)  
Thickness of 1. course s<sub>z,1</sub> = 8,0 mm plate made; heat element joint (0,67)  
Thickness of bottom s<sub>s</sub> = 8,0 mm plate made

### Nozzles

Following nozzles are calculated

name	1	2	3	4
component	cyli	cyli	cyli	cyli
d <sub>A</sub> mm	90	32	32	140
h <sub>A</sub> m	0,15	0,15	1,70	1,68
utilisation sigU	0,67	0,54	0,02	0,05

No anchors are necessary!

Total dead load = 2,2 kN (roof: 1,28 kN, cylinder: 0,77 kN, bottom: 0,16 kN)  
Two lifting lugs: s<sub>0</sub> = 8,0 mm, b<sub>0</sub> = 60 mm, d<sub>L</sub> = 14mm, d<sub>sch</sub> = 13 mm, GA<sub>lug</sub> = 0,0 kN

Analysis made on 15.02.2011 by WinFlath as Version 6.5

## **PŘÍLOHA č. 6**

### **Výkres PRO 60.60.8040 ESPA2**

ProMinent		601000072		Series		Type		Material	
ProMinent Systems		601000072		601000072		601000072		601000072	
ProMinent Systems		601000072		601000072		601000072		601000072	
ProMinent Systems		601000072		601000072		601000072		601000072	
ProMinent Systems		601000072		601000072		601000072		601000072	
ProMinent Systems		601000072		601000072		601000072		601000072	
ProMinent Systems		601000072		601000072		601000072		601000072	
ProMinent Systems		601000072		601000072		601000072		601000072	
ProMinent Systems		601000072		601000072		601000072		601000072	
ProMinent Systems		601000072		601000072		601000072		601000072	

Schwermetalle nach DIN ISO 10916 beachten  
Copyright reserved

ProMinent Systems

## **PŘÍLOHA č. 7**

### **Protokol o zkoušce těsnosti**

# Protokol o zkoušce těsnosti Protocol of impermeability test



ProMinent Systems spol. s r.o., Fügnerova ul. 567, CZ-33601 Blovice potvrzuje, že tato nádrž byla vyrobena ve shodě se směnicí DVS2205 a byla též podrobena zkoušce těsnosti.

ProMinent Systems spol. s r.o., Fügnerova ul. 567, CZ-33601 Blovice confirms that this tank was manufactured according to directive DVS2205 and that it was checked regarding impermeability.

Typ nádrže: Tank type:	válcová s rovným dnem cylindrical with flat bottom
Výrobní číslo / production number:	PMSY 6011000072
Rok výroby / year of construction:	2011
Max. provozní tlak / max. working pressure:	bez tlaku / pressureless
Jmenovitý objem / nominal volume:	3.000 ltr.
Metoda zkoušky : Test method:	naplnění vodou ve smyslu DVS 2206 water filling in the sense of DVS 2206
Plněný objem / filled volume:	100% objemu / 100% of volume
Teplota vody / temperature of water:	20°C (+/- 5°C)
Doba trvání zkoušky / test time:	24 h

## Výsledek zkoušky / test result

–

Zkouška proběhla úspěšně, nejsou pochyby o těsnosti.

The impermeability test did not reveal any complaint.

–

Blovice 08.03.2011

ing. Petr Fišer

Vedoucí projektu / project engineer

ProMinent Systems spol. s r.o.  
Fügnerova ul. 567 • PO-BOX 32 • CZ-33601 • Blovice  
Czech Republic  
Tel. 0042 0378 227 100, Telefax 0042 0378 227 588  
www.prominent.com

Bank: Čs.sportelna Blovice 1631062 / 0800  
IBAN: CZ11 0800 0000 0000 0163 1062, BIC: GIBACZPX



page 1 / 1



## **PŘÍLOHA č. 8**

### **Zkušební protokol PRO 60.60.8040 ESPA2**

### Testing Report of ProMinent RO-Unit

Unit Type.: <i>PRO 60, 60, 8040 ESPA 2</i>	Project no. <i>7178Y 60H000072 B</i>	Date <i>21.3.2014</i>
Raw Water Flow <i>7.5</i> m <sup>3</sup> /h	Recovery Max. <i>98</i> %	
Raw Water Temperature <i>22.7</i> °C	Permeate Flow <i>60</i> m <sup>3</sup> /h	
Raw Water Conductivity <i>1420</i> µS/cm	Permeate Conductivity <i>14</i> µS/cm	
Raw Water Pressure <i>2.4</i> bar	Concentrate Flow to Drain <i>1.5</i> m <sup>3</sup> /h	
Operating Pressure <i>8.3</i> bar	Concentrate Recircul. Flow <i>—</i> m <sup>3</sup> /h	
Testing Hours <i>5</i> h	Conductivity adjusted at <i>150</i> µS/cm	

#### Functions:

Filter cartridge	OK <input checked="" type="checkbox"/>	Filter Porosity	___ µm
Solenoid Valve (Feed)	OK <input checked="" type="checkbox"/>		
Solenoid Valve (Discontinuous Rinse)	OK <input checked="" type="checkbox"/>	Optional	<input type="checkbox"/>
Solenoid Valve (Permeate Rinse)	OK <input checked="" type="checkbox"/>	Optional	<input type="checkbox"/>
Solenoid Valve (Blending)	<del>OK</del> <input type="checkbox"/>	Optional	<input type="checkbox"/>
Pressure Switch ( adjusted at 1 bar stop)	OK <input checked="" type="checkbox"/>		
High Pressure Pump	OK <input checked="" type="checkbox"/>		
Cleaning Pump	OK <input checked="" type="checkbox"/>	Optional	<input type="checkbox"/>
Level Switch	OK <input checked="" type="checkbox"/>		
Relief Valve	<del>OK</del> <input type="checkbox"/>	Optional	<input type="checkbox"/>
Cracking Pressure	<i>—</i> bar		

#### Components Type:

High Pressure Pump(s)	<i>CRN90-6+CRN90-3</i>	Cleaning Pump	<i>CRN45-2-2</i>
Electronic Controller	<i>40-AL AC 24V</i>	Controller Serial No.	<i>1005082</i>
Conductivity Sensor	<i>LMP 01</i>		<i>40AL-AA-FW-01.02.01</i>
Membrane Type	<i>ESPA 2-7 8040</i>	<i>Hydronautics</i>	
Membrane Serial no.			

Unit Dimensions HxWxD	<i>2433 x 11000 x 1450</i>	mm
Pipe Connections (Rw,P,C))	<i>125, 100, 50</i>	DN (")
Power Installed	<i>4.5</i>	kW
Mains supply	<i>400/50</i>	V/Hz

The unit is conserved with Sodium bisulphite

The unit is protected against freezing by Propylene Glycol (18%)

OK

OK

Name and signature of Technician:

Name and signature of Chief Engineer:

Paseka Pavel

