الباب السابع

برنامج (ROSA)

مقدمة :

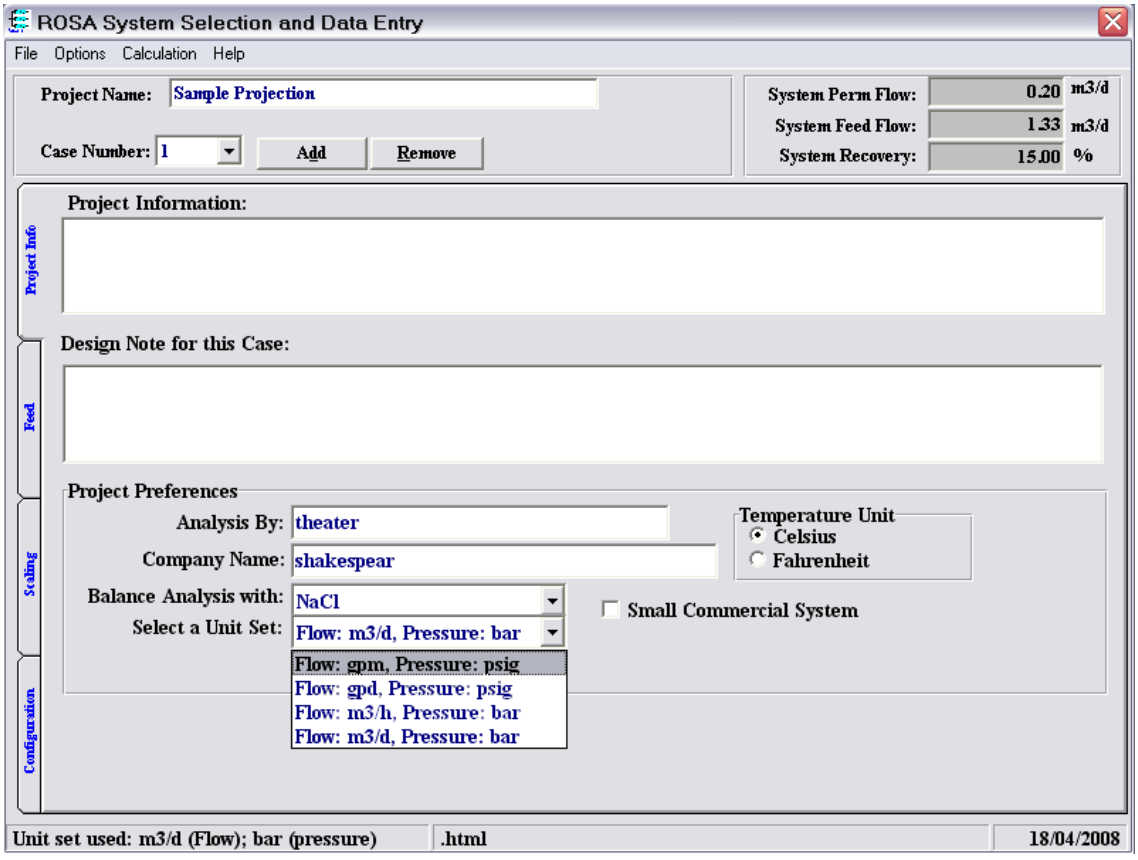
كما ذكرنا في الأبواب السابقة ، فإن برنامج (ROSA) يستخدم لتحليل أداء وحدة تناضح عكسي موجودة و ذلك لمقارنة أداء هذه الوحدة مع أدائها الأمثل المصممة وفقاً له ، و سنحاول قدر الإمكان بوساطة هذا البرنامج التعرف على كيفية العمل و أثر استعادات النظام و درجات الحرارة و قيم دليل كثافة الطمي (SDI) على أداء النظام ، كذلك يمكن أن نأخذ من خلاله فكرة وافية عن أثر اختيار الأغشية و أثر التدوير أو المزج على كفاءة إزالة TDS ، كما يعطينا الأخطاء الناتجة عن التصميم و سبل تفاديها ، و ماهي مراحل المعالجة الأولية اللازم عملها وفقاً لنوعية المياه و تراكيز الأيونات المختلفة ، عسى أن نصل من خلاله لاستيعاب بعض المعلومات التي أتينا على ذكرها في هذا البحث .

1- أجزاء البرنامج :

هذا البرنامج من شركة (Dow Chemical) الأمريكية و أنواع الأغشية المستخدمة فيه هي أغشية تناضح عكسي من نوع (Film Tec) كما توجد أغشية ترشيح نانومتري .

1-1- القائمة الأساسية :

الشكل (1) يبين القائمة الأساسية للبرنامج

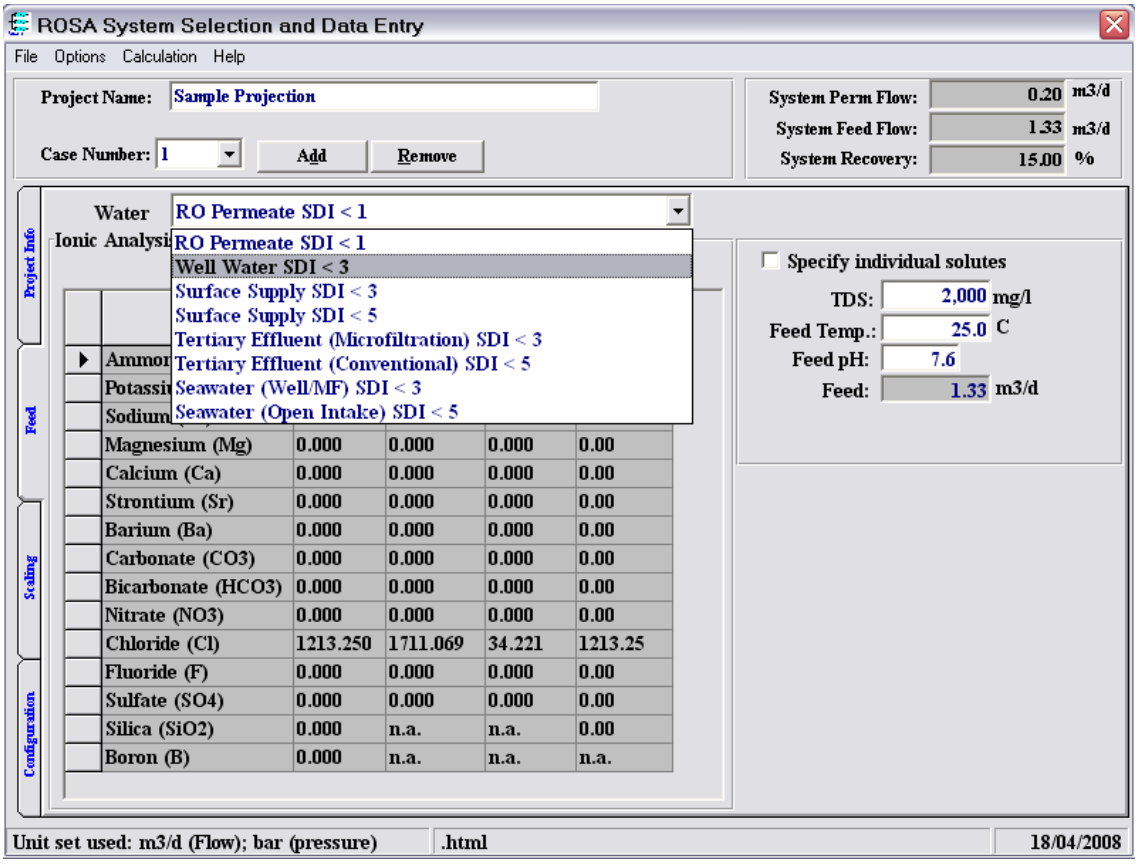


شكل (1) القائمة الأساسية لبرنامج ROSA

تتضمن هذه القائمة اسم المشروع ، معلومات عن المشروع ، معلومات عن الحالة المستخدمة حيث يمكن إضافة أكثر من حالة ، اسم المحلل أو المصمم ، اسم الشركة ، و كيفية إجراء التوازن للأيونات وذلك من خلال أحد الأملاح الثلاثة التالية (NaCl – CaCl2 – CaSO4) ، كذلك واحدة درجة الحرارة المختارة (مئوية أم فهرنهايتية) ، وواحدات التدفق و الضغط ، وما نوع الوحدة أو النظام المستخدم (هل هو نظام صناعي صغير) أم وحدة تحلية مياه بحر أم غيرها من الأمور .

1-2- قائمة مواصفات مياه التغذية :

القائمة الثانية للبرنامج موضحة في الشكل (2)



شكل (2) قائمة مواصفات مياه التغذية

و هذه القائمة تتضمن معومات ماء التغذية المستخدم و كذلك قيم دليل كثافة الطمي (SDI) لنوعيات مختلفة من المياه حسب درجات المعالجة الأولية لها ، كما تتضمن معلومات عن التراكيز الأيونية الأكثر أهمية في المياه ، قيمة TDS المياه المستخدمة ، درجة حرارة التغذية ، قيمة PH التغذية و كذلك تدفق التغذية الذي يعدل في الحسابات التالية أو القائمة التالية . وحسب تراكيز الايونات في مياه التغذية تتغير قيمة TDS في المربع الخاص بها .

معلومات العمل :

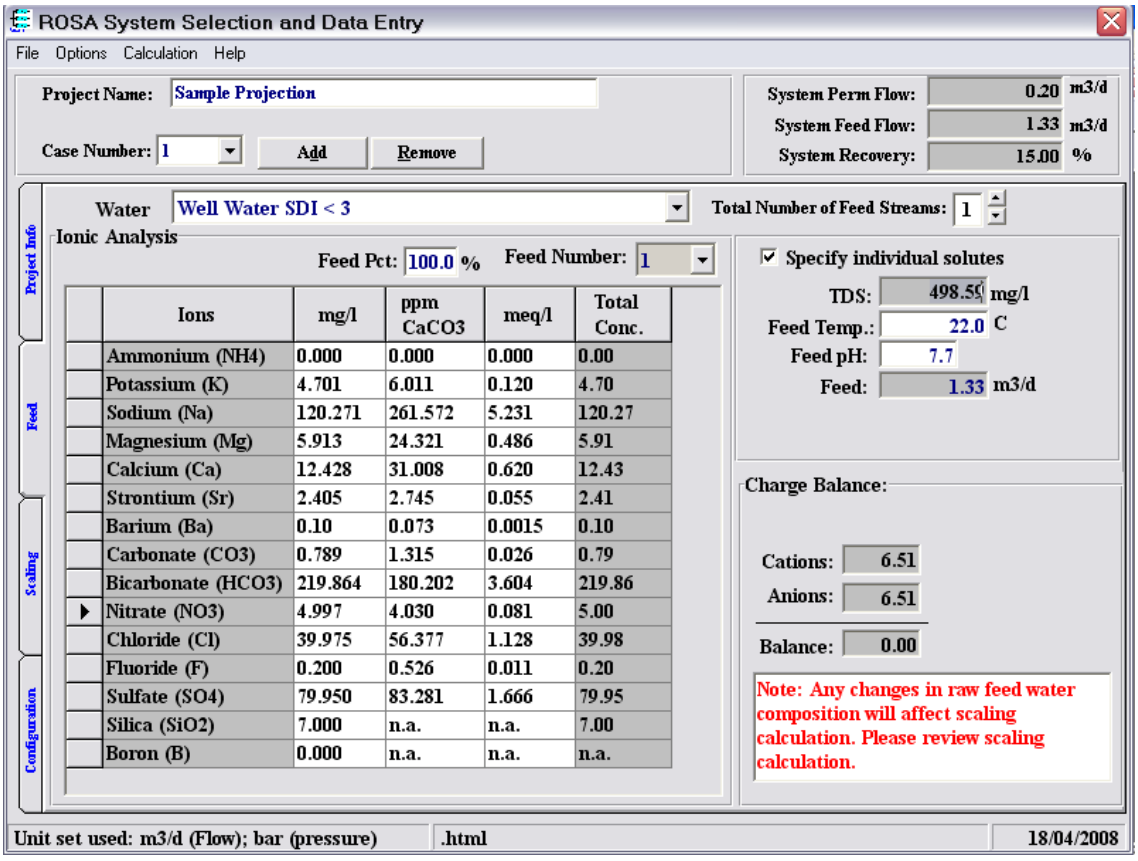
1 – حدد مواصفات مياه التغذية (اختر specify individual solutes) .

2- حدد عدد تيارات التغذية المستخدمة (1 أو 2 أو ...) .

3- حدد درجة حرارة ماء التغذية .

4- حدد تراكيز الأيونات في مياه التغذية هنا ستتغير قيمة TDS مياه التغذية في المربع الخاص لها مع زيادة تراكيز الأيونات .

5- وازن الشوارد للوصول إلى قيمة (0) في مربع التوازن (استخدم موازنة حسب تراكيز الأيونات الموجودة أضف كلوريد أو وازن الأنيونات أو الكاتيونات للوصول إلى تناسب معقول بين الشوارد) كما في الشكل (3)



Ions	mg/l	ppm CaCO3	meq/l	Total Conc.
Ammonium (NH4)	0.000	0.000	0.000	0.00
Potassium (K)	4.701	6.011	0.120	4.70
Sodium (Na)	120.271	261.572	5.231	120.27
Magnesium (Mg)	5.913	24.321	0.486	5.91
Calcium (Ca)	12.428	31.008	0.620	12.43
Strontium (Sr)	2.405	2.745	0.055	2.41
Barium (Ba)	0.10	0.073	0.0015	0.10
Carbonate (CO3)	0.789	1.315	0.026	0.79
Bicarbonate (HCO3)	219.864	180.202	3.604	219.86
Nitrate (NO3)	4.997	4.030	0.081	5.00
Chloride (Cl)	39.975	56.377	1.128	39.98
Fluoride (F)	0.200	0.526	0.011	0.20
Sulfate (SO4)	79.950	83.281	1.666	79.95
Silica (SiO2)	7.000	n.a.	n.a.	7.00
Boron (B)	0.000	n.a.	n.a.	n.a.

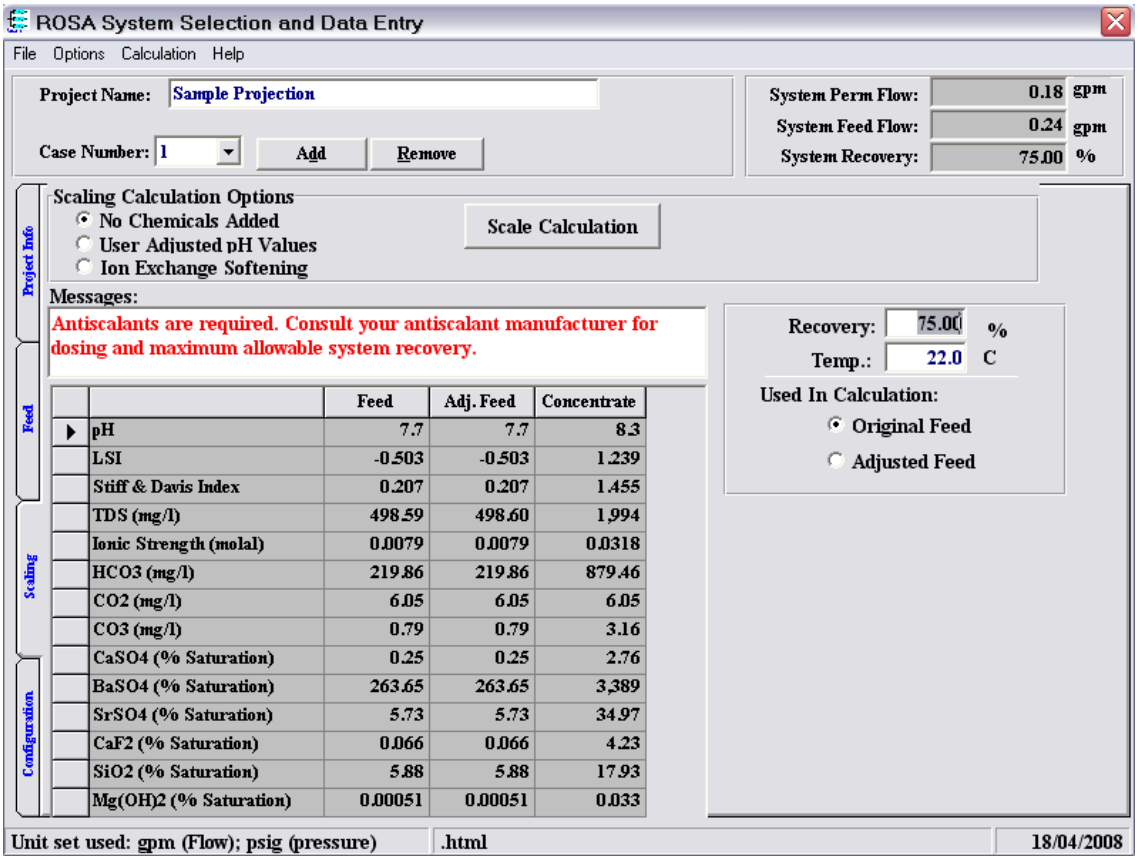
شكل (3) موازنة الأيونات و الكاتيونات و قيم TDS و درجة الحرارة للتغذية كمثال

3-1- قائمة الحساب و التحكم :

الخيارات الموجودة :

1- عدم إضافة أي مواد كيماوية :

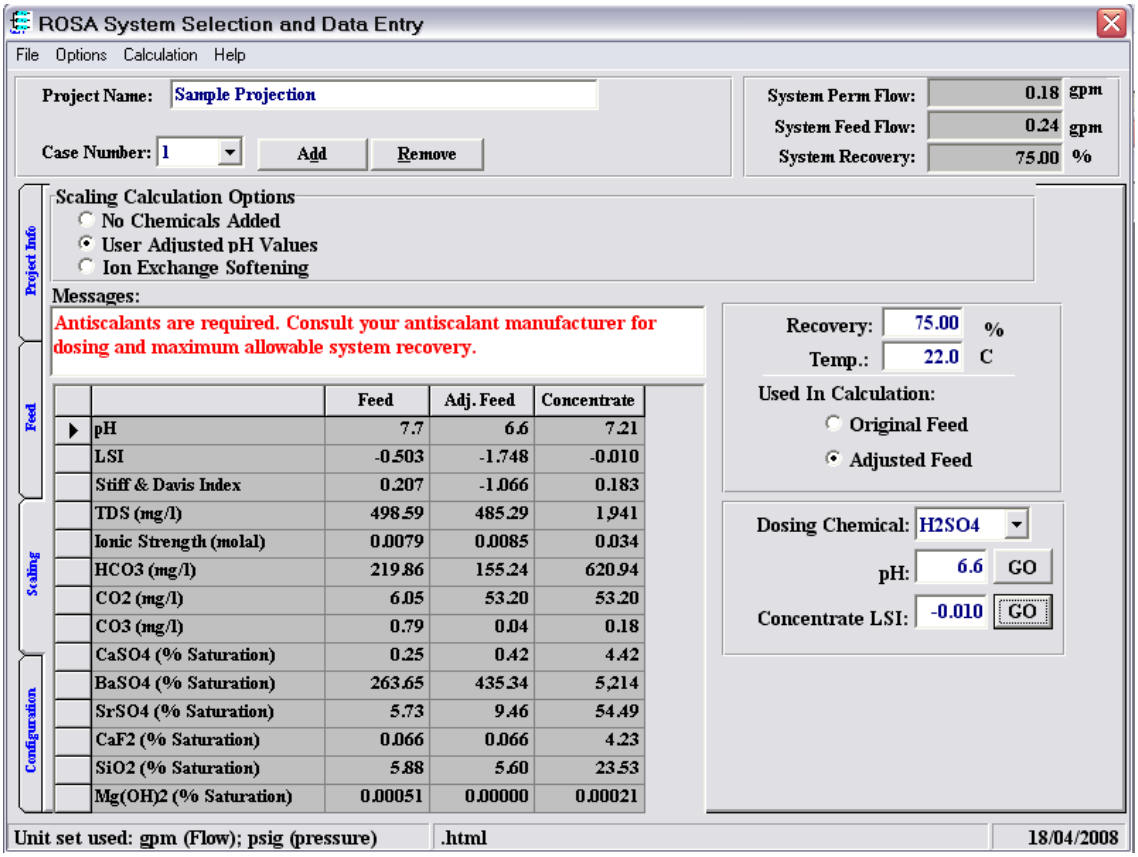
ينبغي أن يحدد المستعمل لهذا البرنامج استعادة النظام و درجة الحرارة ، هنا يقوم النظام بتعديل المعلومات و عند اختيار الاستعادة المناسبة يزول تنويه البرنامج عن ضرورة اختيل الاستعادة المناسبة) ، و عندما يكون أحد أو العديد من الأملاح في حالة إشباع فإن النظام ينبيه إلى ضرورة استعمال مزيلات الرواسب و القشور (Antiscalants) و يطلب النظام بضرورة استشارة المصنع لاختيار الاستعادة المناسبة للنظام كما هو موضح في الشكل (4)



شكل (4) اختيار عدم إضافة أي مواد كيماوية و التنويه عن ضرورة استعمال مضادات الترسبات

2- خيار تعديل قيمة PH :

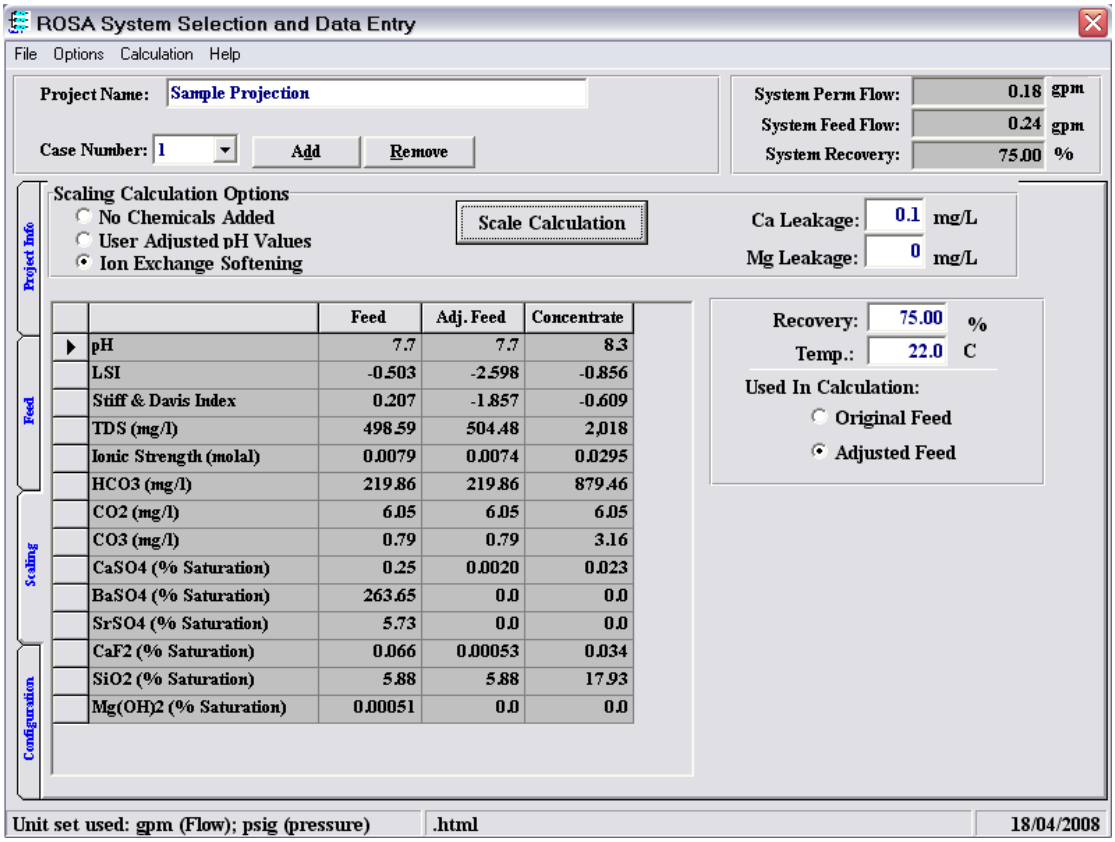
كما في الخيار الأول ينبغي تحديد استعادة النظام ، درجة الحرارة ، جرعات المواد الكيماوية المستعملة لتعديل قيمة PH (H2SO4 أو HCl أو NaOH) حيث يمكن اختيار تعديل قيمة PH من المربع أو اختيار قيمة دليل الإشباع للمركز (LSI) (Langelier Saturation Index) و الذي يشير إلى ضرورة التحكم و ضبط قشور كربونات الكالسيوم و الذي يطبق من أجل تيارات الماء الحاوية على أقل من 10000 mg/l من أملاح كلية ذائبة (TDS) ، و دليل ثبات (Stiff & Davis) يشير أيضاً إلى ضرورة التحكم بقشور كربونات الكالسيوم لكن من أجل مياه ذات قيمة TDS أعلى من 10000mg / l و في الحالتين فإن البرنامج سيعيد حسابهما في هذه الحالة و يعطي القيم الصحيحة لهما و ذلك بالاعتماد على قيم TDS في التغذية و المركز ، المنظر النموذجي لهذا الخيار واضح في الشكل (5)



شكل (5) اختيار تعديل قيمة PH التغذية و قيم الدليلين

3- خيار التليين بوساطة التبادل الأيوني :

كما في الخيارين السابقين ينبغي تحديد الاستعادة المطلوبة و كذلك درجة الحرارة ، كما ينبغي تحديد تسرب أو ارتشاح الكالسيوم (مطلوب) ، أما ارتشاح المغنزيوم فهو اختياري ، حيث يقوم البرنامج باستبدال الأيونات المكافئة لكل من الكالسيوم و المغنزيوم و الباريوم و السترنسيوم بأيونات الصوديوم و الشكل (6) يبين هذا الخيار

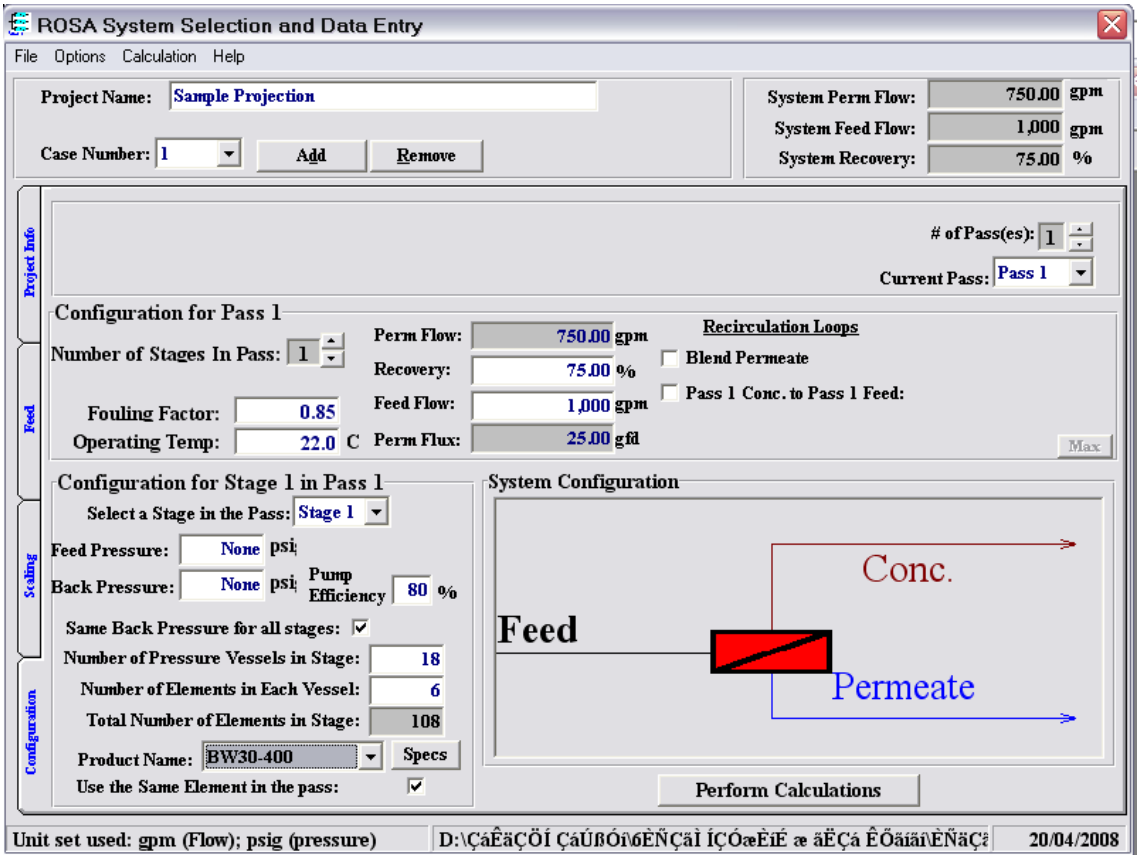


شكل (6) خيار التبادل الأيوني و الاستبدال بأيونات الصوديوم

4-1- قائمة التشكيل أو التركيب لنظام RO (بيانات التصميم) :

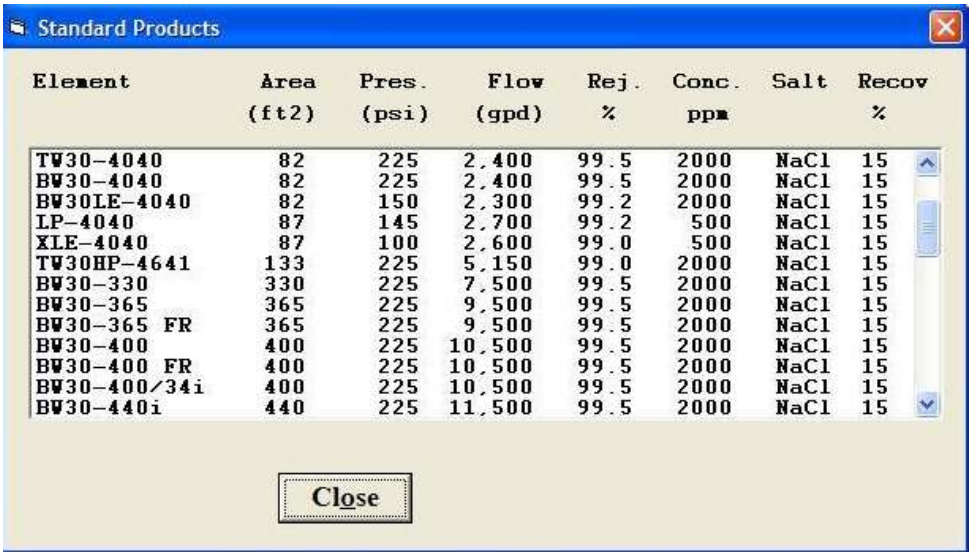
هذه القائمة تتضمن العديد من الأمور و العديد من الخيارات حيث يمكن اختيار اجتياز وحيد للنافذ أو اجتيازين (Pass) ، كما يمكن اختيار عدد المراحل اللازمة للتحلية (1 ، 2 ، 3 ..) للمحلول المركز ضمن النظام ، و تدفق النافذ ، استعادة النظام و / أو الاجتياز ، تدفق التغذية ، عامل الفساد و التلوث (Fouling Factor) ، خيار إعادة التدوير للمرفوض ، خيار مزج النافذ مع التغذية ، كفاءة المضخة ، البيانات لكل مرحلة (الضغط الخلفي للنافذ ، ضغط مضخة التعزيز Booster Pump في حال استخدامها بين المراحل ، عدد أوعية الضغط لكل مرحلة ، عدد عناصر الأغشية في كل وعاء ، نماذج العناصر التي يمكن استعمالها . و عند اختيار أكثر من اجتياز أو مرحلة فينبغي إدخال البيانات الخاصة لكل اجتياز / مرحلة ، أما البيانات المتعلقة بتدفق النافذ ، الاستعادة ، و تدفق التغذية الموجودة في المربعات العلوية اليمنى لا يمكن تعديلها و من أجل تعديلها يكفي النقر على المربعات الرمادية الموجودة في الوسط و اختيار القيمة المطلوبة . اللون الأحمر للصندوق يدل على المرحلة المختارة أما اللون الأصفر فيدل على المرحلة التي لم يتم اختيارها و اللاحقة .

و الشكل (7) يوضح هذه المرحلة



شكل (7) نافذة التصميم للنظام و اختيار الغشاء المناسب

و الشكل (8) يوضح القائمة المتعلقة بخصائص الأغشية حسب مواصفات مياه التغذية حيث ينبغي التقيد بها و عند الاختيار الخاطئ للغشاء فإن النظام عند الحساب يعطي الخطأ الذي يمكن أن يكون نتيجة التصميم الخاطئ أو الاختيار غير المناسب للغشاء (زيادة الاستعادة لكل عنصر غشاء عن الاستعادة العظمى ، أو زيادة أو نقصان معدل التدفق لواحدة السطح من الغشاء) و ذلك حسب التصميم



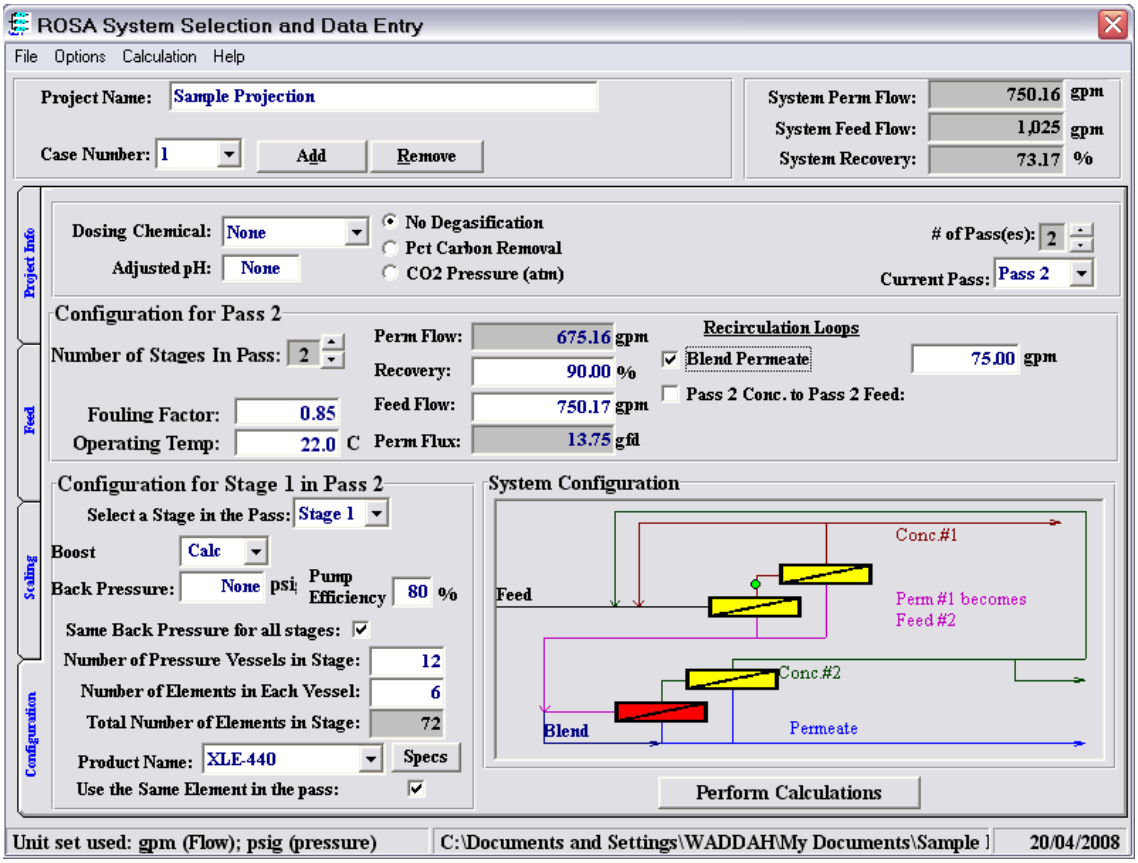
شكل (8) معايير التصميم للأغشية و مواصفاتها

و نظراً لصعوبة شرح كل الأمور المتعلقة بهذه القائمة نظراً للخيارات المتعددة التي يمكن تصميمها و العمل وفقاً لها فسنورد بعض الأمثلة لتساعد مستخدمي هذا البرنامج على إدراك المعطيات بالشكل الصحيح و الاختيار الأمثل للأغشية (ملاحظة : راجع الملحق 3 للتعرف على مواصفات أغشية FilmTec) المستخدمة هنا و الحدود المسموحة لكل منها) .

و سنورد عدداً من التفاصيل الهامة هنا :

1- خيار المزج (Blending) :

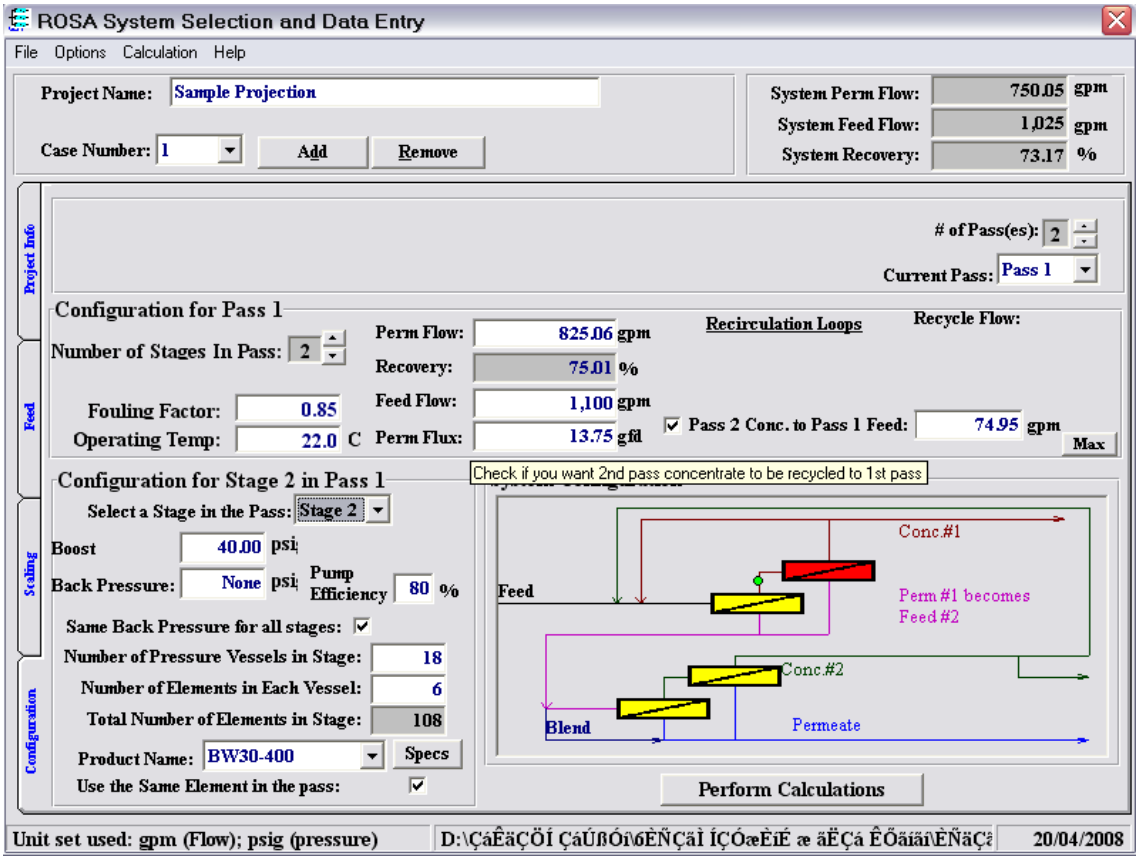
يمكن اختيار المزج بين ماء التغذية و الماء النافذ سواء في مرحلة واحدة أو مرحلتين ، و الهدف من هذه العملية هو زيادة ملوحة ماء التغذية في حال كانت قيم TDS الناتجة عن المرحلة الواحدة أم المرحلتين منخفضة جداً و في حال كانت المياه الناتجة ستخصص للاستعمالات البشرية و ينبغي تحديد قيمة معينة للأملاح المنحلة الكلية في المياه النافذة ، كما يمكن بوساطتها الحصول على تدفقات أكبر لواحدة السطح من الأغشية في حال طلب منا النظام زيادتها و الاستعادة للنظام في هذه الحالة تزداد لأنها تسوي هنا (تدفق النافذ الممزوج على تدفق التغذية الداخل) أي تزداد استعادة النظام عند المزج و الشكل (8) يوضح مزج ماء التغذية الناتج عن الاجتياز الأول للنافذ بالنافذ من الاجتياز الثاني له ، حيث كل اجتياز بمرحلتين



شكل (8) خيار المزج و تعديل النافذ النهائي و زيادة استعادة النظام وفقاً لذلك

2- خيار إعادة التدوير للمطرود (Recirculation) :

عند الحاجة لتدفقات عالية للنظام و للمرحلة بهدف زيادة استعادة النظام أو المرحلة للمياه أو كانت هناك عدم إمكانية طرح كميات كبيرة من المطرود إلى الوسط الخارجي و كانت هناك تعليمات بيئية صارمة للحد من معدل طرح النافذ فيمكن هنا استخدام إعادة التدوير للمرفوض و بالتالي الحاجة لمضخات زائدة للتدوير (راجع الفصل الرابع) ، و الشكل (9) يبين خيار إعادة التدوير لنظام بمرحلتين مع إعادة تدوير كلاً من المرفوض الناتج عن الاجتياز الأول و المرفوض الناتج عن الاجتياز الثاني لمدخل مياه التغذية للاجتياز الأول



شكل (9) خيار إعادة التدوير للمرفوض الناتج عن المرحلة الثانية لماء التغذية الأساسي الداخل للاجتياز الأول للنظام ومضخة التعزيز بين المرحلتين الأولى و الثانية للاجتياز الأول

و في حال تجاوز الحد الأعظمي المسموح به فإن النظام ينبه إلى ضرورة تخفيض معدل التدفق المدور للمرفوض و ذلك ربما يكون نتيجة زيادة الحد المسموح لمعدل التدفق المسموح لكل عنصر من عناصر الأغشية المستعملة أو تجاوز الاستعادة الفردية لها .

3- مضخة التعزيز بين المراحل (Booster Pump) :

في حال اختيار نظام بمرحلتين يمكن وضع مضخة لتعزيز الضغط بين هاتين المرحلتين لزيادة التدفق الداخل للمرحلة التالية أو لنظام متعدد المرحل (أكثر من مرحلتين) و ذلك للتغلب على الضغط التناضحي المتزايد من المرحلة إلى التي تليها و لتعويض الخسائر في الضغوط عند الانتقال بين المراحل و بالتالي التغلب على

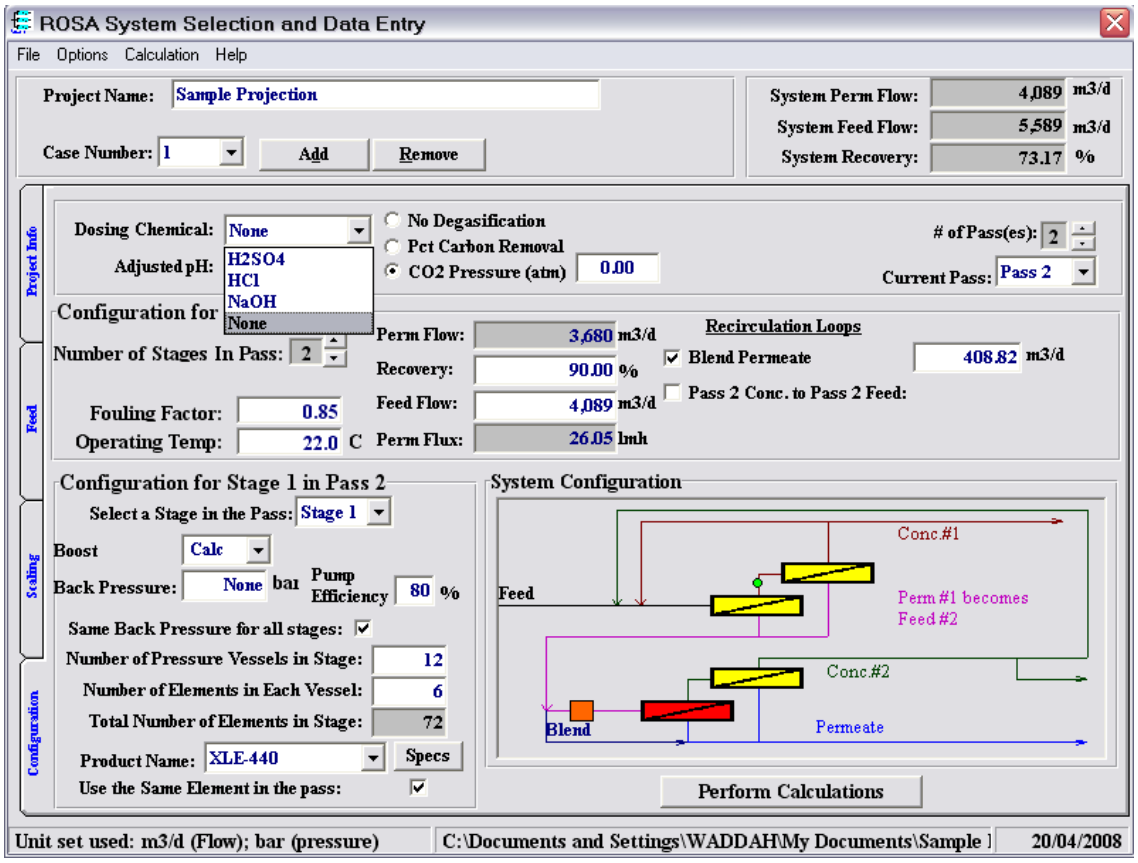
استقطاب التركيز و تفادي مشاكل التشغيل و الشكل (9) السابق يوضح وجود مضخة تعزيز بين المرحلتين الأولى و الثانية للاجتياز الأول للنافذ .

ملاحظة هامة : عند اختيار كفاءة مضخة التعزيز و الضغط اللازم ينبغي النظر إلى مدى تحمل أوعية الضغط التالية و كذلك حدود الضغط المسموح بها للأغشية لتجنب تشوهها أو تخريبها .

4- خيار تعديل قيمة PH النافذ أو طرد الغازات و ال CO2 :

عند اختيار نظام تناضح عكسي باجتيازين للنافذ قد تتطلب العملية تعديل قيمة PH النافذ من الاجتياز الأول و الذي سيكون عبارة عن ماء تغذية للاجتياز الثاني للنظام فربما ينتج غازات من الاجتياز الأول مثل CO2 و التي يلزم التخلص منها هنا يتم اختيار مربع (Pct Carbon Removal) و توضع القيمة بين (0 – 100) ، أما باختيار مربع ضغط CO2 المتولد (جو) يمكن تحديد ضغط غاز ثاني أوكسيد الكربون المتولد و عند اختيار القيمة (0) فهذا يعني أن ليس هناك CO2 ناتج ، و عند عدم الحاجة لاستخدام طارد للغازات يتم اختيار مربع (No Degasification) و كله حسب الحالة الموجودة لدينا و حسب التعديل و قيمة PH النافذ من الاجتياز الأول و التعديل المطلوب (راجع الفصل الثاني)

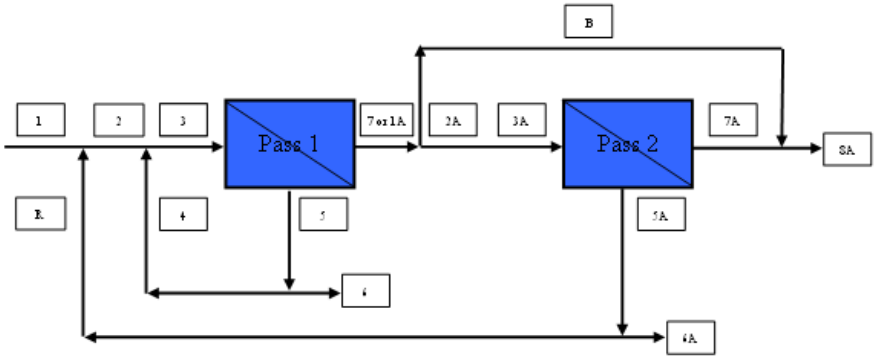
والشكل (10) يوضح هذه الخيارات الموجودة لدينا



شكل (10) مربعات خيارات طرد الغازات و تعديل قيمة PH

5-1- قائمة النتائج و الجداول و المعلومات التصميمية :

بالنقر على زر حساب يعطينا البرنامج جميع المعلومات اللازمة و النتائج للتصاميم مثل قيم (TDS) ، التدفقات ، المراحل المستعملة ووصفاً لكل مرحلة ، الاستعادة الكلية للوحدة واستعادة الاجتيازات ، و قيم تراكيز الأيونات ، و الطاقة المستهلكة و كافة الأمور اللازمة ، كما يعطينا الأخطاء الناتجة عن التصميم و ينبه لضرورة التعديل من أجل سلامة الوحدة ، كذلك أخطاء كل اجتياز و كل مرحلة كما هو مبين بالاشكال التالية .



Raw Water TDS	498.59 mg/l	% System Recovery (8A/1)	73.16 %
Water Classification	Well Water SDI < 3	Fouling Factor (Pass 1)	0.85
Feed Temperature	22.0 C	Fouling Factor (Pass 2)	0.85

Pass #	**Pass 1**		**Pass 2**	
Stage #	**1**	**2**	**1**	**2**
Element Type	BW30-400	BW30-400	XLE-440	XLE-440
Pressure Vessels per Stage	18	18	12	12
Elements per Pressure Vessel	6	6	6	6
Total Number of Elements	108	108	72	72
Pass Average Flux	23.34 lmh		26.05 lmh	
Stage Average Flux	23.20 lmh	23.48 lmh	31.12 lmh	20.97 lmh
Permeate Back Pressure	0.00 bar	0.00 bar	0.00 bar	0.00 bar
Booster Pressure	0.00 bar	2.76 bar	0.00 bar	0.00 bar
Chemical Dose	-		-	
Energy Consumption	0.62 kWh/m3		0.27 kWh/m3	

Pass 1				**Pass 2**			
Stream #	**Flow (m3/d)**	**Pressure (bar)**	**TDS (mg/l)**	**Stream #**	**Flow (m3/d)**	**Pressure (bar)**	**TDS (mg/l)**
1	5588.52	0.00	498.59	1A	4496.54	-	5.40
2	5999.62	0.00	473.97	2A	4087.71	0.00	5.40
3	6272.17	10.97	535.50	3A	4496.54	7.05	9.07
4	272.55	9.02	1872.12	5A	816.63	3.10	45.73
5	1775.63	9.02	1872.12	6A	-1.02	3.10	45.73
6	1503.08	9.02	1872.12	7A	3679.91	-	1.25
7	4496.54	-	5.40	B	408.82	0.00	5.40
7/2	**% Recovery**	74.95		R	408.83	3.10	45.73
				8A	4088.73	0.00	1.62
				7A/2A	**% Recovery**	90.02	

Project Information:

System Details -- Pass 1

Feed Flow to Stage 1	6272.17 m3/d	Pass 1 Permeate Flow	4496.54 m3/d	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	5588.52 m3/d	Pass 1 Recovery	74.95 %	Feed	0.27 bar
Feed Pressure	10.97 bar	Feed Temperature	22.0 C	Concentrate	1.05 bar
Fouling Factor	0.85	Feed TDS	473.97 mg/l	Average	0.66 bar
Chem. Dose (100% H2SO4)	0.00 mg/l	Number of Elements	216	Average NDP	8.86 bar
Total Active Area	8026.56 M2	Average Pass 1 Flux	23.34 lmh	Power	115.66 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3		Bypass Blending Flow	408.82 m3/d	Specific Energy	0.62 kWh/m3
System Recovery	73.16 %			Conc. Flow from Pass 2	408.82 m3/d

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m3/d)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m3/d)	Conc Flow (m3/d)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m3/d)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-400	18	6	6272.17	10.62	272.55	4037.09	7.85	2235.07	23.20	0.00	0.00	3.54
2	BW30-400	18	6	4037.09	10.26	0.00	1775.63	9.02	2261.46	23.48	0.00	2.76	7.26

Pass Streams (mg/l as Ion)								
Name	Feed	Adjusted Feed		Concentrate		Permeate		
		Initial	After Recycles	Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2	Total
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	4.70	4.70	5.08	7.77	17.07	0.23	0.46	0.35
Na	120.27	146.89	155.84	241.67	547.25	0.81	1.75	1.28
Mg	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	12.43	0.10	0.11	0.16	0.37	0.00	0.00	0.00
Sr	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	0.79	0.79	0.88	2.08	8.99	0.00	0.00	0.00
HCO3	219.86	219.86	233.40	360.38	806.91	1.55	3.09	2.31
NO3	5.00	5.00	5.45	8.27	17.92	0.35	0.70	0.53
Cl	39.98	39.98	42.42	65.78	148.93	0.24	0.50	0.37
F	0.20	0.20	0.21	0.33	0.75	0.00	0.00	0.00
SO4	79.95	79.95	84.67	131.38	297.85	0.31	0.67	0.49
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO2	7.00	7.00	7.43	11.52	26.07	0.05	0.10	0.07
CO2	6.05	6.09	6.11	6.57	8.94	6.13	7.08	6.62
TDS	498.59	504.48	535.50	829.36	1872.12	3.54	7.26	5.40
pH	7.70	7.70	7.72	7.86	8.03	5.64	5.87	5.78

Stage Details -- Pass 1

Stage 1 Element	Recovery	Perm Flow (m3/d)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (m3/d)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (bar)
1	0.07	23.42	2.65	348.45	535.50	10.62
2	0.07	22.17	2.96	325.04	573.84	10.04
3	0.07	21.04	3.32	302.87	615.55	9.50
4	0.07	20.03	3.73	281.83	661.17	9.02
5	0.07	19.14	4.20	261.80	711.37	8.59
6	0.08	18.38	4.73	242.66	767.04	8.20

Stage 2 Element	Recovery	Perm Flow (m3/d)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (m3/d)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (bar)
1	0.10	22.97	4.41	224.28	829.36	10.26
2	0.11	22.16	5.18	201.31	923.26	9.95
3	0.12	21.37	6.17	179.15	1036.53	9.69
4	0.13	20.57	7.50	157.78	1175.69	9.47
5	0.14	19.74	9.35	137.21	1350.32	9.29
6	0.16	18.83	12.04	117.47	1574.89	9.14

Project Information:

System Details -- Pass 2

Feed Flow to Stage 1	4496.54 m3/d	Pass 2 Permeate Flow	3679.91 m3/d	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	5588.52 m3/d	Pass 2 Recovery	90.02 %	Feed	0.00 bar
Feed Pressure	7.05 bar	Feed Temperature	22.0 C	Concentrate	0.03 bar
Fouling Factor	0.85	Feed TDS	5.40 mg/l	Average	0.01 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	144	Average NDP	4.48 bar
Total Active Area	5886.14 M2	Average Pass 2 Flux	26.05 lmh	Power	45.86 kW
Water Classification: RO Permeate SDI < 1		Bypass Blending Flow	408.82 m3/d	Specific Energy	0.27 kWh/m3
System Recovery	73.16 %	Total Blended Product	4088.73 m3/d		

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m3/d)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m3/d)	Conc Flow (m3/d)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m3/d)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	XLE-440	12	6	4496.54	6.70	408.82	2298.06	4.26	2198.47	31.12	0.00	0.00	0.97
2	XLE-440	12	6	2298.06	3.92	0.00	816.63	3.10	1481.43	20.97	0.00	0.00	1.67

Pass Streams (mg/l as Ion)								
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate			
			Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2	Total	Blended Total
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.35	0.48	0.81	1.78	0.13	0.28	0.19	0.20
Na	1.28	2.25	4.34	11.88	0.07	0.19	0.12	0.24
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO3	2.31	3.96	7.59	20.67	0.51	0.66	0.57	0.70
NO3	0.53	0.72	1.20	2.60	0.21	0.43	0.30	0.32
Cl	0.37	0.65	1.24	3.40	0.02	0.05	0.03	0.07
F	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4	0.49	0.87	1.69	4.66	0.02	0.05	0.03	0.08
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO2	0.07	0.13	0.26	0.70	0.00	0.01	0.01	0.01
CO2	6.62	6.65	6.67	6.69	6.38	6.45	6.41	6.46
TDS	5.40	9.07	17.14	45.73	0.97	1.67	1.25	1.62
pH	5.78	6.01	6.28	6.70	5.15	5.26	5.20	5.28

Stage Details -- Pass 2

Stage 1 Element	Recovery	Perm Flow (m3/d)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (m3/d)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (bar)
1	0.10	36.32	0.81	374.71	9.07	6.70
2	0.10	33.48	0.87	338.39	9.99	6.13
3	0.10	31.04	0.94	304.91	11.03	5.63
4	0.11	29.00	1.01	273.87	12.21	5.20
5	0.11	27.33	1.09	244.88	13.58	4.83
6	0.12	26.04	1.17	217.55	15.19	4.52
Stage 2 Element	**Recovery**	**Perm Flow (m3/d)**	**Perm TDS (mg/l)**	**Feed Flow (m3/d)**	**Feed TDS (mg/l)**	**Feed Press (bar)**
1	0.12	23.05	1.31	191.51	17.14	3.92
2	0.13	21.87	1.43	168.45	19.35	3.70
3	0.14	20.85	1.56	146.58	22.07	3.52
4	0.16	19.97	1.73	125.73	25.53	3.37
5	0.18	19.19	1.94	105.76	30.08	3.25
6	0.21	18.51	2.23	86.56	36.38	3.16

Scaling Calculations

	Raw Water	Pass 1 Adjusted Feed	Pass 1 Concentrate	Pass 2 Concentrate
pH	7.70	7.70	8.03	6.70
Langelier Saturation Index	-0.50	-2.60	-1.19	-6.01
Stiff & Davis Stability Index	0.21	-1.86	-0.92	-4.38
Ionic Strength (Molal)	0.01	0.01	0.03	0.00
TDS (mg/l)	498.59	504.48	1872.12	45.73
HCO_3	219.86	219.86	806.91	20.67
CO_2	6.05	6.09	8.94	6.68
CO_3	0.79	0.79	8.99	0.00
$CaSO_4$ (% Saturation)	0.25	0.00	0.02	0.00
$BaSO_4$ (% Saturation)	263.65	0.00	0.00	0.00
$SrSO_4$ (% Saturation)	5.73	0.00	0.00	0.00
CaF_2 (% Saturation)	0.07	0.00	0.03	0.00
SiO_2 (% Saturation)	5.88	5.88	19.65	0.57
$Mg(OH)_2$ (% Saturation)	0.00	0.00	0.00	0.00

To balance: 0.00 mg/l Na added to feed.

ملاحظة هامة :

في هذه الحسابات و النتائج تم تلافي الأخطاء و تعديلها و ليست هناك في هذه الحالة أية أخطاء .

2- أمثلة متعددة :

للحصول على معلومات وافية عن كيفية استخدام البرنامج و التصميم الأمثل يمكن العودة إلى دليل البرنامج الذي يوضح كل النقاط اللازم الالتزام بها و عملها من أجل التصميم الملائم للوحدة و التي ليس هناك مجال لذكرها هنا نظراً لكثرتها و احتمالاتها الواسعة ، و يمكننا أن نغطي بعض الافكار التي قدمناها من خلال هذا المشروع بوساطة بعض الأمثلة المختصرة .

مثال (1) : من أجل ماء مسوس سطحي ذو قيمة SDI < 5 ، ومن أجل إنتاج ماء عالي النقاوة للصناعات الدوائية مثلاً فإننا نحتاج للحصول على ماء نافذ قريب من المقطر أو فيه قيمة (TDS) قريبة من الصفر تقريباً ، و بالتالي حسب تدفق التغذية المعطى لدينا يمكننا إجراء التصميم باستعمال البرنامج فإذا كانت قيمة TDS=1000 mg/L لمياه بئر المعمل على سبيل المثال ، و كان التدفق النافذ اللازم الحصول عليه قدره 132gpm أي (720 m3 / d) و من أجل 6 عناصر في وعاء الضغط فإن خطوات التصميم أو الحساب تكون كما يلي :

- **اختيار جريان جبهي (Plug Flow) .**
- **اختيار عنصر الغشاء BW30-365 (عنصر الغشاء BW ذو المنطقة الفعالة 365ft2 أي 33.9 m2 .**
- **التدفق الوسطي المتطلب مع قيمة تغذية لماء سطحي ذات SDI< 5 هو 15 gfd (25 L/m/h)**
- **عدد العناصر الكلية المستخدمة تحسب كالتالي :**

$$(132\ gpm)(1440\ gpd / gpm) / (15\ gfd) (365\ ft^2) = 35$$

أو :

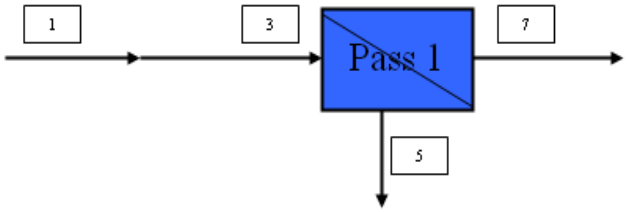
$$(720\ m^3/d)(41.67\ L/h)/(m^3/d) / (33.9\ m^2)(25\ L/m^2/h) = 35$$

- عدد أوعية الضغط الكلية المستخدمة تحسب كالتالي :

$$35 / 6 = 5.83 = 6$$

- عدد المرحل من اجل كل ست أوعية للضغط و من أجل استعادة قدرها % 73 هي مرحلتين .
- بهذه الطريقة و مع اختيار إزالة القساوة قبل عملية التناضح العكسي فإنه يمكننا الحصول على مياه ذات قيمة (TDS=27.45 mg / l) بنظام ذي مرحلتين وفق التشكيلة (2 : 4) أي 4 أوعية ضغط للمرحلة الأولى و وعائين للثانية باستعمال النموذج BW30-365 .

الأشكال التالية تبين نتائج الحساب بالبرنامج .



Raw Water TDS	1000.01 mg/l	% System Recovery (7/1)	73.00 %
Water Classification	Surface Supply SDI < 5	Fouling Factor (Pass 1)	0.85
Feed Temperature	25.0 C		

Pass #	Pass 1	
Stage #	1	2
Element Type	BW30-365	BW30-365
Pressure Vessels per Stage	4	2
Elements per Pressure Vessel	6	6
Total Number of Elements	24	12
Pass Average Flux	24.58 lmh	
Stage Average Flux	26.64 lmh	20.46 lmh
Permeate Back Pressure	0.00 bar	0.00 bar
Booster Pressure	0.00 bar	0.00 bar
Chemical Dose	-	
Energy Consumption	0.53 kWh/m3	

Pass 1			
Stream #	Flow (m3/d)	Pressure (bar)	TDS (mg/l)
1	986.30	0.00	1000.01
3	986.30	11.05	1010.67
5	266.25	8.51	3667.87
7	720.05	-	27.45
7/1	% Recovery	73.00	

Project Information:

System Details

Feed Flow to Stage 1	986.30 m3/d	Pass 1 Permeate Flow	720.05 m3/d	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	986.30 m3/d	Pass 1 Recovery	73.00 %	Feed	0.72 bar
Feed Pressure	11.05 bar	Feed Temperature	25.0 C	Concentrate	2.56 bar
Fouling Factor	0.85	Feed TDS	1010.67 mg/l	Average	1.64 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	36	Average NDP	8.41 bar
Total Active Area	1220.71 M2	Average Pass 1 Flux	24.58 lmh	Power	15.77 kW
Water Classification: Surface Supply SDI < 5				Specific Energy	0.53 kWh/m3

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m3/d)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m3/d)	Conc Flow (m3/d)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m3/d)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-365	4	6	986.30	10.71	0.00	466.04	9.78	520.27	26.64	0.00	0.00	19.33
2	BW30-365	2	6	466.04	9.44	0.00	266.25	8.51	199.78	20.46	0.00	0.00	48.60

Pass Streams (mg/l as Ion)							
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate		
			Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2	Total
NH4	60.94	60.94	125.72	214.84	2.91	6.95	4.03
K	10.02	10.02	21.11	36.74	0.10	0.28	0.15
Na	200.48	283.04	596.32	1038.61	2.42	6.87	3.65
Mg	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	69.93	0.10	0.21	0.37	0.00	0.00	0.00
Sr	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	1.92	1.92	4.85	9.52	0.00	0.00	0.00
HCO3	78.52	78.52	163.71	282.62	1.09	2.74	1.55
NO3	32.18	32.18	58.94	89.12	8.21	18.71	11.13
Cl	402.27	402.27	847.23	1475.01	3.69	10.58	5.61
F	0.56	0.56	1.18	2.06	0.01	0.02	0.01
SO4	129.82	129.82	273.83	477.61	0.81	2.26	1.21
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO2	11.25	11.25	23.70	41.34	0.09	0.19	0.12
CO2	0.38	0.38	0.75	1.33	0.35	0.77	0.46
TDS	1000.01	1010.67	2116.84	3667.87	19.33	48.60	27.45
pH	8.40	8.40	8.38	8.33	6.70	6.74	6.72

Stage Details

Stage 1 Element	Recovery	Perm Flow (m3/d)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (m3/d)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (bar)
1	0.09	23.31	12.45	246.58	1010.67	10.71
2	0.10	22.62	14.46	223.26	1114.88	10.48
3	0.11	21.97	16.95	200.64	1238.91	10.29
4	0.12	21.35	20.09	178.67	1389.13	10.12
5	0.13	20.74	24.17	157.32	1574.87	9.98
6	0.15	20.07	29.64	136.58	1810.22	9.87
Stage 2 Element	Recovery	Perm Flow (m3/d)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (m3/d)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (bar)
1	0.08	18.88	34.11	233.02	2116.84	9.44
2	0.08	18.02	38.96	214.13	2300.43	9.23
3	0.09	17.14	44.68	196.12	2508.12	9.04
4	0.09	16.24	51.49	178.97	2744.01	8.88
5	0.09	15.29	59.67	162.73	3012.56	8.74
6	0.10	14.32	69.44	147.45	3318.55	8.62

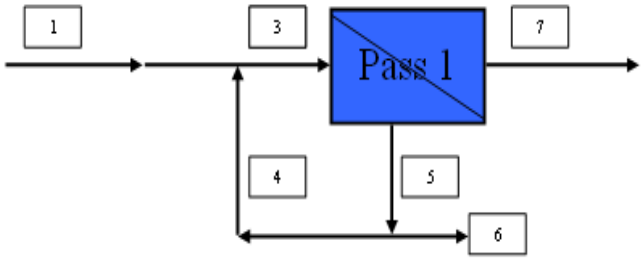
Scaling Calculations

	Raw Water	Adjusted Feed	Concentrate
pH	8.40	8.40	8.33
Langelier Saturation Index	0.53	-2.31	-1.31
Stiff & Davis Stability Index	0.91	-1.89	-1.36
Ionic Strength (Molal)	0.02	0.02	0.06
TDS (mg/l)	1000.01	1010.67	3667.87
HCO_3	78.52	78.52	282.62
CO_2	0.38	0.38	1.33
CO_3	1.92	1.92	9.52
$CaSO_4$ (% Saturation)	1.93	0.00	0.02
$BaSO_4$ (% Saturation)	481.59	0.00	0.00
$SrSO_4$ (% Saturation)	2.30	0.00	0.00
CaF_2 (% Saturation)	2.95	0.00	0.21
SiO_2 (% Saturation)	6.46	6.46	24.83
$Mg(OH)_2$ (% Saturation)	0.00	0.00	0.00

To balance: 0.00 mg/l Cl added to feed.

<u>مثال (2)</u>: من أجل إنتاج مياه صالحة للشرب ذات قيمة TDS =194 mg / l من ماء مسوس ذو قيمة TDS =3239 mg / l ، و من أجل الحصول على تدفق للنافذ قدره (10) ليتر / ساعة باستخدام وعاء ضغط يحوي على عنصر غشاء وحيد ، و من أجل تدفق للتغذية قدره (125) ليتر / ساعة ، فبالنظر إلى خصائص العناصر (انظر الملحق 2) يمكن معرفة الاستعادة التي يمكن أن يعمل عندها النظام وفق المعطيين السابقين و هي (8 %) من أجل الشرطين السابقين مع الأخذ بعين الاعتبار إعادة التدوير المثالي للمطرود (أي تدوير كل المطرود) و بالتالي تدوير (115 = 10 – 125) ليتر / ساعة ، أما الغشاء الذي يحقق تلك الشروط فهو الغشاء SW30-2540 حسب خصائص العناصر بدرجة الحرارة 25C

، كما ينبغي الأخذ بعين الاعتبار إزالة القساوة قبل الدخول للمنظومة . الأشكال التالية تبين النتائج و الحسابات التي تم الحصول عليها من أجل هذه الشروط و القيم .



Raw Water TDS	3238.62 mg/l	% System Recovery (7/1)	8.00 %
Water Classification	Well Water SDI < 3	Fouling Factor (Pass 1)	0.85
Feed Temperature	25.0 C		

Pass #	**Pass 1**
Stage #	**1**
Element Type	SW30-2540
Pressure Vessels per Stage	1
Elements per Pressure Vessel	1
Total Number of Elements	1
Pass Average Flux	3.84 lmh
Stage Average Flux	3.84 lmh
Permeate Back Pressure	0.00 bar
Booster Pressure	0.00 bar
Chemical Dose	-
Energy Consumption	4.16 kWh/m3

Pass 1			
Stream #	**Flow (m3/d)**	**Pressure (bar)**	**TDS (mg/l)**
1	3.00	0.00	3238.62
3	5.76	4.99	3501.10
4	2.76	4.58	3644.88
5	5.52	4.58	3644.88
6	2.76	4.58	3644.88
7	0.24	-	194.03
7/1	**% Recovery**	8.00	

Project Information:

System Details

Feed Flow to Stage 1	5.76 m3/d	Pass 1 Permeate Flow	0.24 m3/d	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	3.00 m3/d	Pass 1 Recovery	8.00 %	Feed	2.65 bar
Feed Pressure	4.99 bar	Feed Temperature	25.0 C	Concentrate	2.86 bar
Fouling Factor	0.85	Feed TDS	3368.69 mg/l	Average	2.76 bar
Chem. Dose	None	Number of Elements	1	Average NDP	1.80 bar
Total Active Area	2.60 M2	Average Pass 1 Flux	3.84 lmh	Power	0.04 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3				Specific Energy	4.16 kWh/m3

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (m3/d)	Feed Press (bar)	Recirc Flow (m3/d)	Conc Flow (m3/d)	Conc Press (bar)	Perm Flow (m3/d)	Avg Flux (lmh)	Perm Press (bar)	Boost Press (bar)	Perm TDS (mg/l)
1	SW30-2540	1	1	5.76	4.64	2.76	5.52	4.58	0.24	3.84	0.00	0.00	194.03

Pass Streams (mg/l as Ion)						
Name	Feed	Adjusted Feed		Concentrate	Permeate	
		Initial	After Recycles	Stage 1	Stage 1	Total
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	10.00	10.00	10.34	10.70	1.91	1.91
Na	145.61	1306.53	1357.94	1413.80	73.12	73.12
Mg	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1000.00	0.10	0.10	0.11	0.00	0.00
Sr	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	4.71	4.71	4.79	5.00	0.16	0.16
HCO3	102.00	102.00	105.93	109.99	12.20	12.20
NO3	10.00	10.00	10.32	10.67	2.26	2.26
Cl	1849.31	1849.31	1922.19	2001.39	100.67	100.67
F	40.00	40.00	41.56	43.25	2.67	2.67
SO4	40.00	40.00	41.65	43.44	0.40	0.40
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO2	6.00	6.00	6.22	6.47	0.61	0.61
CO2	0.39	0.41	0.37	0.38	0.08	0.08
TDS	3238.62	3368.69	3501.10	3644.88	194.03	194.03
pH	8.40	8.40	8.47	8.46	8.32	8.32

Stage Details

Stage	Element	Recovery	Perm Flow (m3/d)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (m3/d)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (bar)
1		0.04	0.24	194.03	5.76	3501.10	4.64

Scaling Calculations

	Raw Water	Adjusted Feed	Concentrate
pH	8.40	8.40	8.46
Langelier Saturation Index	1.76	-2.24	-2.11
Stiff & Davis Stability Index	1.59	-2.26	-2.16
Ionic Strength (Molal)	0.08	0.06	0.06
TDS (mg/l)	3238.62	3368.69	3644.88
HCO_3	102.00	102.00	109.99
CO_2	0.39	0.41	0.38
CO_3	4.71	4.71	5.00
$CaSO_4$ (% Saturation)	4.00	0.00	0.00
$BaSO_4$ (% Saturation)	7707.41	0.00	0.00
$SrSO_4$ (% Saturation)	1.88	0.00	0.00
CaF_2 (% Saturation)	212693.82	21.27	27.01
SiO_2 (% Saturation)	3.45	3.45	3.58
$Mg(OH)_2$ (% Saturation)	0.00	0.00	0.00

To balance: 0.00 mg/l Na added to feed.

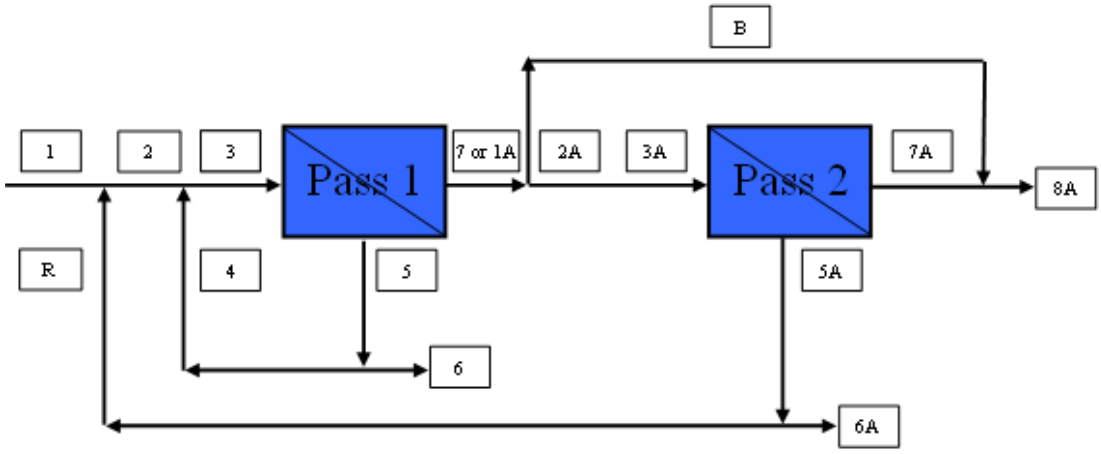
<u>*مثال (3)*</u> : من أجل إنتاج عالية النقاوة انطلاقا من ماء سطحي جيد المواصفات ذو قيمة TDS=498.59 mg / l لصناعات الالكترونيات أو الصناعات الدوائية و الغذائية بتدفق نافذ قدره 4091 م3 / يوم و من أجل استعادة قدرها 73.17 % للنظام ، فإننا نحتاج إلى اجتيازين للنافذ .

الاجتياز الأول بعناصر BW30 - 400 بمرحلتين ، أما الاجتياز الثاني بوضع عناصر XLE-440 أيضاً بمرحلتين ، بحساب عدد الأوعية للاجتياز الأول بالاعتماد على التدفق اللازم للغشاء الفردي و مساحة الغشاء الفعالة (الملحق 2) بنفس الطرق السابقة من أجل (23.36 L/m/h) نجد أن الاجتياز الأول يحتاج إلى 108 عنصر غشاء BW30 - 400 و باعتبار وجود 8 عناصر في الوعاء يكون عدد الأوعية اللازمة (18) وعاء للمرحلة الأولى و تكون استعادة هذه المرحلة 75 % ، أما بالنسبة للمرحلة الثانية بنفس الطريقة نجد أن عدد عناصر الأغشية اللازمة هي 72 عنصر غشاء XLE-440 و باعتبار وجود 6 عناصر في الوعاء يكون عدد الأوعية لهذا الاجتياز هو 12 وعاء ضغط لإمرار تدفق نافذ قدره 26.05 L/m/h و باستعادة قدرها 90 % لهذا الاجتياز ، مع الأخذ بعين الاعتبار مزج 408.82 m3/d للنافذ من الاجتياز الأول مع النافذ من الاجتياز الثاني ، و كذلك بإعادة تدوير 272.55 m3/d للمطرود من الاجتياز الأول لماء التغذية له و إعادة تدوير 408.82 m3/d للمطرود من الاجتياز الثاني لماء التغذية للاجتياز الأول بدون حاجة لتعديل قيمة PH بعد الاجتياز الأول أو وضع طارد للغازات كون في حالة استعمال مياه ذات قيمة PH=7.7 و درجة حرارة 22 مئوية ، و عامل فساد 0.85 لكلا الاجتيازين . و بهذه الخيارات فإننا نكسب أمور هامة و هي :

- تقليل الكلفة من خلال إعادة المزج بدلاً من وضع عناصر إضافية لتحقيق التدفقات المطلوبة .
- بإعادة التدوير الداخلي للمرفوضين فإننا نضمن ثبات و استقرار أداء النظام و الاستعادة على الحدود الموضوعة عند القيام بالتشغيل المناسب و بالتالي تخفيض كلف الصيانة و السبر .
- ثبات نوعية المياه من خلال إعادة التدوير و بالتالي عدم الحاجة تقريباً لإجراء فحوصات دائمة للمياه في حال كان مصدرها ثابتاً .
- على الرغم من أن خيار إعادة التدوير هنا يحتاج لمضخات إلا أننا – كما ذكرنا سابقاً – نضمن زيادة الاستعادة للنظام و ثبات الأداء و استقراره و بالتالي نخفض من كلف الصيانة و الفحص و نقلل من تواترات إجرائه ، و بالتالي يمكننا معرفة الفترة الزمنية الدقيقة لتنظيف الأغشية .

و بهذه الطريقة يمكننا الحصول على مياه في الممزوج النهائي ذات **TDS=1.62 mg / l** أي قريبة جداً من المقطرة .

النتائج و الحسابات لهذا المثال موضحة بالأشكال التالية :



Raw Water TDS	498.59 mg/l	% System Recovery (8A/1)	73.17 %
Water Classification	Well Water SDI < 3	Fouling Factor (Pass 1)	0.85
Feed Temperature	22.0 C	Fouling Factor (Pass 2)	0.85

Pass #	**Pass 1**		**Pass 2**	
Stage #	**1**	**2**	**1**	**2**
Element Type	BW30-400	BW30-400	XLE-440	XLE-440
Pressure Vessels per Stage	18	18	12	12
Elements per Pressure Vessel	6	6	6	6
Total Number of Elements	108	108	72	72
Pass Average Flux	23.36 lmh		26.07 lmh	
Stage Average Flux	23.22 lmh	23.50 lmh	30.30 lmh	21.84 lmh
Permeate Back Pressure	0.00 bar	0.00 bar	0.00 bar	0.00 bar
Booster Pressure	0.00 bar	2.76 bar	0.00 bar	0.00 bar
Chemical Dose	-		-	
Energy Consumption	0.62 kWh/m3		0.23 kWh/m3	

Pass 1				Pass 2			
Stream #	**Flow (m3/d)**	**Pressure (bar)**	**TDS (mg/l)**	**Stream #**	**Flow (m3/d)**	**Pressure (bar)**	**TDS (mg/l)**
1	5591.77	0.00	498.59	1A	4499.92	-	5.41
2	6000.63	0.00	474.23	2A	4091.09	0.00	5.41
3	6273.18	10.98	535.94	3A	4091.09	6.69	5.41
4	272.55	9.03	1876.40	5A	408.32	3.36	46.89
5	1773.27	9.03	1876.40	6A	0.34	3.36	46.89
6	1500.72	9.03	1876.40	7A	3682.77	-	1.12
7	4499.92	-	5.41	B	408.82	0.00	5.41
7/2	**% Recovery**	74.99		R	407.99	3.36	46.89
				8A	4091.59	0.00	1.62
				7A/2A	**% Recovery**	90.02	

Project Information:

System Details -- Pass 1

Feed Flow to Stage 1	1150.44 gpm	Pass 1 Permeate Flow	825.07 gpm	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	1025.21 gpm	Pass 1 Recovery	74.98 %	Feed	3.94 psig
Feed Pressure	159.11 psig	Feed Temperature	22.0 C	Concentrate	15.23 psig
Fouling Factor	0.85	Feed TDS	474.04 mg/l	Average	9.59 psig
Chem. Dose	None	Number of Elements	216	Average NDP	128.59 psig
Total Active Area	86400.00 ft2	Average Pass 1 Flux	13.75 gfd	Power	115.65 kW
Water Classification: Well Water SDI < 3		Bypass Blending Flow	75.00 gpm	Specific Energy	2.34 kWh/kgal
System Recovery	73.18 %			Conc. Flow from Pass 2	75.00 gpm

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (gpm)	Feed Press (psig)	Recirc Flow (gpm)	Conc Flow (gpm)	Conc Press (psig)	Perm Flow (gpm)	Avg Flux (gfd)	Perm Press (psig)	Boost Press (psig)	Perm TDS (mg/l)
1	BW30-400	18	6	1150.44	154.11	50.00	740.33	113.86	410.11	13.67	0.00	0.00	3.54
2	BW30-400	18	6	740.33	148.86	0.00	325.37	130.92	414.97	13.83	0.00	40.00	7.27

Pass Streams (mg/l as Ion)								
Name	Feed	Adjusted Feed		Concentrate		Permeate		
		Initial	After Recycles	Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2	Total
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	4.70	4.70	5.08	7.77	17.09	0.23	0.47	0.35
Na	120.27	146.89	155.90	241.81	547.98	0.81	1.75	1.28
Mg	5.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	12.43	0.10	0.11	0.16	0.37	0.00	0.00	0.00
Sr	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	0.79	0.79	0.88	2.08	9.01	0.00	0.00	0.00
HCO3	219.86	219.86	233.48	360.58	807.96	1.55	3.09	2.31
NO3	5.00	5.00	5.45	8.28	17.94	0.35	0.70	0.53
Cl	39.98	39.98	42.44	65.82	149.12	0.24	0.50	0.37
F	0.20	0.20	0.21	0.33	0.75	0.00	0.00	0.00
SO4	79.95	79.95	84.70	131.45	298.25	0.31	0.67	0.49
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO2	7.00	7.00	7.44	11.53	26.10	0.05	0.10	0.07
CO2	6.05	6.09	6.11	6.57	8.95	6.13	7.09	6.62
TDS	498.59	504.48	535.69	829.82	1874.60	3.54	7.27	5.41
pH	7.70	7.70	7.72	7.86	8.03	5.64	5.87	5.78

Stage Details -- Pass 1

Stage 1 Element	Recovery	Perm Flow (gpm)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (gpm)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (psig)
1	0.07	4.30	2.65	63.91	535.69	154.11
2	0.07	4.07	2.96	59.62	574.05	145.59
3	0.07	3.86	3.32	55.55	615.80	137.87
4	0.07	3.68	3.73	51.69	661.45	130.89
5	0.07	3.51	4.20	48.01	711.70	124.59
6	0.08	3.37	4.74	44.50	767.43	118.93
Stage 2 Element	**Recovery**	**Perm Flow (gpm)**	**Perm TDS (mg/l)**	**Feed Flow (gpm)**	**Feed TDS (mg/l)**	**Feed Press (psig)**
1	0.10	4.22	4.41	41.13	829.82	148.86
2	0.11	4.07	5.18	36.91	923.84	144.41
3	0.12	3.92	6.18	32.85	1037.26	140.61
4	0.13	3.78	7.51	28.93	1176.64	137.42
5	0.14	3.62	9.36	25.15	1351.59	134.77
6	0.16	3.45	12.06	21.53	1576.63	132.62

Project Information:

System Details -- Pass 2

Feed Flow to Stage 1	825.07 gpm	Pass 2 Permeate Flow	675.24 gpm	Osmotic Pressure:	
Raw Water Flow to System	1025.21 gpm	Pass 2 Recovery	90.02 %	Feed	0.04 psig
Feed Pressure	102.25 psig	Feed Temperature	22.0 C	Concentrate	0.38 psig
Fouling Factor	0.85	Feed TDS	5.41 mg/l	Average	0.21 psig
Chem. Dose	None	Number of Elements	144	Average NDP	65.02 psig
Total Active Area	63360.00 ft2	Average Pass 2 Flux	15.35 gfd	Power	45.88 kW
Water Classification:	RO Permeate SDI < 1	Bypass Blending Flow	75.00 gpm	Specific Energy	1.02 kWh/kgal
System Recovery	73.18 %	Total Blended Product	750.24 gpm		

Stage	Element	#PV	#Ele	Feed Flow (gpm)	Feed Press (psig)	Recirc Flow (gpm)	Conc Flow (gpm)	Conc Press (psig)	Perm Flow (gpm)	Avg Flux (gfd)	Perm Press (psig)	Boost Press (psig)	Perm TDS (mg/l)
1	XLE-440	12	6	825.07	97.25	75.00	421.67	61.82	403.41	18.34	0.00	0.00	0.97
2	XLE-440	12	6	421.67	56.82	0.00	149.83	44.93	271.84	12.36	0.00	0.00	1.67

Pass Streams (mg/l as Ion)								
Name	Feed	Adjusted Feed	Concentrate		Permeate			
			Stage 1	Stage 2	Stage 1	Stage 2	Total	Blended Total
NH4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.35	0.48	0.81	1.79	0.13	0.28	0.19	0.21
Na	1.28	2.26	4.35	11.89	0.07	0.19	0.12	0.24
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO3	2.31	3.97	7.59	20.69	0.51	0.66	0.57	0.70
NO3	0.53	0.72	1.20	2.60	0.21	0.43	0.30	0.32
Cl	0.37	0.65	1.24	3.40	0.02	0.05	0.03	0.07
F	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
SO4	0.49	0.87	1.69	4.67	0.02	0.05	0.03	0.08
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO2	0.07	0.13	0.26	0.70	0.00	0.01	0.01	0.01
CO2	6.62	6.65	6.67	6.69	6.38	6.45	6.41	6.46
TDS	5.41	9.07	17.15	45.77	0.97	1.67	1.25	1.62
pH	5.78	6.01	6.28	6.70	5.15	5.26	5.20	5.28

Stage Details -- Pass 2

Stage 1 Element	Recovery	Perm Flow (gpm)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (gpm)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (psig)
1	0.10	6.66	0.81	68.76	9.07	97.25
2	0.10	6.14	0.87	62.09	10.00	88.90
3	0.10	5.70	0.94	55.95	11.04	81.68
4	0.11	5.32	1.01	50.25	12.22	75.46
5	0.11	5.02	1.09	44.93	13.59	70.14
6	0.12	4.78	1.17	39.92	15.20	65.62
Stage 2 Element	Recovery	Perm Flow (gpm)	Perm TDS (mg/l)	Feed Flow (gpm)	Feed TDS (mg/l)	Feed Press (psig)
1	0.12	4.23	1.31	35.14	17.15	56.82
2	0.13	4.01	1.43	30.91	19.37	53.65
3	0.14	3.83	1.56	26.90	22.09	51.03
4	0.16	3.66	1.73	23.07	25.55	48.89
5	0.18	3.52	1.94	19.40	30.10	47.19
6	0.21	3.40	2.23	15.88	36.40	45.89

Scaling Calculations

	Raw Water	Pass 1 Adjusted Feed	Pass 1 Concentrate	Pass 2 Concentrate
pH	7.70	7.70	8.03	6.70
Langelier Saturation Index	-0.50	-2.60	-1.19	-6.01
Stiff & Davis Stability Index	0.21	-1.86	-0.92	-4.38
Ionic Strength (Molal)	0.01	0.01	0.03	0.00
TDS (mg/l)	498.59	504.48	1874.60	45.77
HCO_3	219.86	219.86	807.96	20.69
CO_2	6.05	6.09	8.95	6.68
CO_3	0.79	0.79	9.01	0.00
$CaSO_4$ (% Saturation)	0.25	0.00	0.02	0.00
$BaSO_4$ (% Saturation)	263.65	0.00	0.00	0.00
$SrSO_4$ (% Saturation)	5.73	0.00	0.00	0.00
CaF_2 (% Saturation)	0.07	0.00	0.03	0.00
SiO_2 (% Saturation)	5.88	5.88	19.67	0.57
$Mg(OH)_2$ (% Saturation)	0.00	0.00	0.00	0.00

To balance: 0.00 mg/l Na added to feed.

كانت هذه لمحة و بعض الأمثلة المبسطة عن كيفية استخدام هذا البرنامج و هناك – كما ذكرنا – خيارات لا نهائية حسب نوعية المياه ، درجة المعالجة الأولية ، تدفق التغذية ، الاستعادة المطلوبة .... و العنصر الذي يلعب دوراً هاماً هو العناصر و خصائصها و ينبغي دوماً النظر أو معرفة تلك الخصائص و التي على أساس تدفقاتها و معدل الاستعادة لكل منها و درجة رفضها للأملاح و قيمة PH المياه و درجة الحرارة و غيرها يتم اختيار العنصر الأنسب ، كما ينبغي دوماً الانتباه إلى الناحية الاقتصادية و اختيار العناصر الأنسب و عددها الأمثل لكل حالة على حدا ، كما و ينبغي استشارة أصحاب الخبرة و المصنعين لمعرفة الأداء الأمثل و بالتالي الخيار الأمثل بالنسبة لنا .

و قد نتمكن من خلال هذا البرنامج من تقييم أداء محطات متعددة للتناضح العكسي و تحليل هذا الأداء و مقارنته مع أداء المحطة و بالتالي إمكانية استكشاف الاخطاء و معرفة كيفية تفاديها و العناصر الأنسب لعمل الوحدة (شرط أن تكون مستعملة لنفس أنواع الأغشية المحددة) .

و هناك العديد من الشركات الأخرى التي تقدم برامج شبيهة بالبرنامج السابق و منها شركة (Hydronautics) الأمريكية التي تقدم برنامج (IMSD) و هو يعمل بنفس أسلوب البرنامج السابق مع إمكانية تصميم نظام (Ultra Filtration) أيضاً ، و هناك شركات أخرى مثل Toray ، Koch ، Desal ... و غيرها .

ملاحظات هامة :

- قبل أي دخول للماء إلى وحدات و منظومات التناضح العكسي ينبغي معرفة نوعية المياه (مياه بحر – ماء مسوس – مياه سطحية – مياه صرف معالجة ..... إلخ) و إجراء الاختبارات اللازمة (اختبار العكارة – دليل كثافة الطمي SDI – الأملاح الذائبة الكلية TDS – قيمة PH و تعديلها بما يلائم الأغشية المستعملة– درجة حرارة مياه التغذية– TOC – BOD – COD ....) و كتابة تقرير مفصل عن نوعية مياه التغذية ، بالإضافة إلى قياسات الناقلية و تدفقات التغذية التي سيتم تشغيل الوحدة على أساسها ، كما ينبغي إجراء المعالجة الأولية الملائمة بناءً على نوعية المياه و درجة التنقية المطلوبة و مدى تحمل نماذج الأغشية المستعملة للمواد المختلفة .
- اهتم دوماً بعملية نزع الكلور قبل الدخول إلى المنظومة في حال استخدامه في التعقيم ، و إلا فإن الأغشية ستتلف و تتعرض للفساد خلال فترة قصيرة ، و في حال كان نظام التطهير بالأشعة فوق البنفسجية موجوداً فيفضل استعماله في التعقيم بدلاً من الكلور على ألا يزيد ذلك من كلفة تشغيل و معالجة المياه و أن يتم استخدامه بالشكل الصحيح .
- إبحث دوماً عن طرق المعالجة الأولية الملائمة لأنها من أهم الخطوات التي ستعتمد كفاءة عمل وحدات التناضح العكسي عليها ، و يمكن أن نعطي مثالاً جيداً على إنتاج مياه ذات نقاوة عالية للصناعات الدوائية من خلال مراحل المعالجة التالية لمياه بئر قبل و بعد وحدة التناضح العكسي :
  - ✓ وحدة إزالة قساوة (Softener) .
  - ✓ وحدة إزالة كلور (بفلاتر كربونية) .
  - ✓ وحدة التناضح العكسي .
  - ✓ جهاز تعقيم بالأشعة فوق البنفسجية (UV) .
- اهتم باختيار الكيماويات المناسبة اللازم إضافتها لوحدات التناضح العكسي و كذلك مراحل حقنها و ذلك وفق الجدول التالي :

الكيماويات المضافة	السبب المضاف
المعالجة الأولية : ▪ هيبوكلوريت الصوديوم (هيبو) ▪ أو كبريتات النحاس ▪ باي سلفات الصوديوم ▪ هيكسا ميتا فوسفات الصوديوم ▪ حمض الكبريت	▪ لتطهير مياه التغذية (أو الماء المنتج) ▪ لتطهير مياه التغذية (أو الماء المنتج) ▪ لإزالة الكلور من مياه التغذية ▪ لمقاومة الترسبات ▪ لضبط الرقم الهيدروجيني و مقاومة الترسبات (عند معالجة ماء البحر)
المعالجة النهائية : ▪ هيبوكلوريد الكالسيوم / الصوديوم ▪ الجير (الكلس)	▪ لتطهير الماء المنتج ▪ لضبط الرقم الهيدروجيني
التنظيف : ▪ هيدروكسيد الأمونيوم / الصوديوم ▪ حمض الكلور ▪ حمص الستريك / الفوسفوريك / الأكسيليك ▪ فوسفات الصوديوم الثلاثي ▪ الفورم ألدهيد	▪ لضبط الرقم الهيدروجيني لمحلول التنظيف ▪ لضبط الرقم الهيدروجيني لمحلول التنظيف ▪ لإزالة ترسبات الكربونات و الاكاسيد ▪ لإزالة المواد العضوية و الترسبات الميكروبيولوجية ▪ للتطهير و المحافظة على الأغشية

ختام المقال :

بهذا أكون قد أنهيت بحثي ، و آمل أن أكون قد توصلت إلى تعريف يقربنا من هذه التقنية ، فالدراسات ما زالت مستمرة لتطويرها على الرغم من التطور الكبير الذي أحرزته في العقود القليلة الماضية ، و نحن و من هذا المنطلق يجب أن نسعى لدراسات تمكننا من معرفة جدواها على المدى البعيد ، كما يجب علينا أن نسعى لتعميقها في جامعاتنا و مراكز بحوثنا ، فللأسف جامعاتنا – إلى اليوم – تكاد تخلو من أية فكرة صريحة عنها ، وإن وجدت هذه الدراسات فإنها أبعد ما تكون عن متناول أيدي طلابنا كونها– كما ذكرت – حكراً على المصنعين لها ، و كما لاحظت من خلال إجراء بحثي هذا أن أكثر الشركات احتكاراً لها هي (الأمريكية و الإسرائيلية) إذ أن دول الخليج تعتبر أهم سوق لتسويق هذه التقنية بجميع مجالات و مراحل تطويرها ، أي أن (التناضح العكسي) ما زال– إلى الآن – محدداً بالدول ذات القدرة على الشراء و محتكراً من قبل الدول ذات القوى الاقتصادية التي تملك القدرة و التقنيات و مراكز الأبحاث اللازمة لإجراء الدراسات و استمرار الأبحاث و التطوير فيها ، أما بالنسبة للدول النامية فإنها ما زالت تعاني من نقص في الخبرات و عدم التشجيع من الجامعات و مراكز البحث ، لذا أدعو من مكاني هذا أن نبدأ

باختباراتنا الخاصة و تجاربنا الخاصة و بتصنيع أغشيتنا بدلاً من استيرادها جاهزة ، و أن نعمل معاً لتطوير هذه التقنية .

في النهاية ... أعود و أشكر كل من كان له يد في إنجاز بحثي هذا .... وأقول كلمتي الأخيرة .... عسى أن نكرس بأعمالنا ما يمكن أن يكشف هذا المجهول من حولنا .... و دمتم ..... .

من مقدمه الطالب : وضاح عبد الغفور حمجو