

3. 막분리공정을 이용한 해수담수화

(최광호 박사, 코오롱 Eng.)

I. GENERAL

1. 개요

해수는 약 3.5%의 여러가지 염류가 용해되어 있는 수용액으로 이러한 용존염류를 제거하여 담수를 얻는 방법으로는 증발법, 냉동법 등과 같이 물의 상변화를 이용하는 방법과 역삼투압법, 전기투석법과 같이 분리막을 이용하여 압력차, 전위차로 분리하는 방법이 실용화 되어 있다.

이 중에서 역삼투압법은 상변화가 필요없기 때문에 소요에너지가 적고 장치가 COMPACT 하여 설치비 및 설치부지가 적게 든다는 이점을 가지고 있으며, 특히 최근에는 우수한 분리막의 개발 및 공정 기술의 향상으로 다른 공정들에 비해 경쟁력을 갖게 되었다.

2. 해수담수화용 역삼투 모듈

1960년에 Loeb, Sourirajan 에 의해 비대칭성 초산셀룰로오즈 막이 개발된 이래, 역삼투법은 비교적 염분농도가 낮은 간수의 탈염에 이용 가능하게 되었다.

그러나 일반적으로 해수는 TDS (전용해 고형물) 35,000mg/l 내외, 삼투압 250kg/cm² 내외로서 1단 처리만으로 TDS 500mg/l 이하의 음료수를 얻기 위해서는 98.5% 이상의 탈염율이 필요하고 운전압력이 50~70kg/cm² 에 대하여 장기간의 내압성을 갖지 않으면 안되는데 역삼투압의 특성상 고탈염율, 고투과 수량을 동시에 만족시키는 것은 기술적으로 어려움이 많았다. 그러나 최근 역삼투막 개발의 진전은 괄목할 만하여 1973 년도 듀폰사에 의한 Permasep B-10 이라고 불리는 방향족 폴리아마이드계 중공사형 모듈의 개발로 막분리공정을 이용한 해수담수설비의 상업화가 가능하게 되었으며 잇따라 UOP, FILMTEC, TORAY 등에서 복합막 나권형 모듈을 개발하여 해수담수화 시장에 본격 진출하게 되었다.

현재 주로 사용되는 해수담수용 역삼투막의 분류는 다음과 같다.

- ① 재질에 따른 분류
 - Cellulose Acetate
 - Poly Amide
- ② Geometry 에 따른 분류
 - 복합막
 - 비대칭막
- ③ Module 형태에 따른 분류
 - Hollow Fiber (중공사막)
 - Spiral Wound (나권형막)

II. 플랜트의 설계

1. 취수설비

전처리의 부하를 최소화하기 위해서는 가능한한 청정한 해수를 안정적으로 취수하는 것이 필요하다. 일반적으로 대용량의 해수 취수는 해안으로부터 자연도입하는 방식과 해저 도수관에 의해 해안으로부터 수백 m 또는 수 km 떨어진 곳으로부터 심층 취수하는 방식이 있다. 최근에는 해안에 well 을 설치하여 천연모래에 의해 여과시켜 전처리의 부하를 줄이는 경우가 있다. 농축 배수를 바다에 방류하는 경우에는 농축수가 해저에 침강, 체류하여 고밀도층을 형성하여, 해저생물에의 영향이 우려되어 방류시 해류의 방향 방류유속 등에 대한 고려가 필요하다.

해수 취수 방식에 따른 장단점은 다음과 같다.

1.1 SURFACE WATER INTAKE

- LESS CAPITAL REQUIRED
- HIGH SEASONAL VARIABILITY
- HIGHLY PRONE TO BIOLOGICAL CONTAMINATION
 - * ALGAE/BACTERIA PROLIFIC AT SEA SURFACE
 - * BACTERIA FROM SEWAGE AND RIVER DISCHARGE
- HIGHER LEVEL OF ORGANIC MATTER
 - * OIL AND GREASE FROM SHIPPING ACTIVITIES
 - * MARINE ORGANIC MATTER AT SURFACE
 - * INLAND ORGANIC MATTER FROM RIVER DISCHARGE
- HIGHER TURBIDITY/SUSPENDED SOLIDS LEVEL
 - * FROM RIVER DISCHARGE, SILT ETC.
 - * MARINE MATTER FROM SURFACE

1.2 SEA WELL INTAKE

- HIGHER CAPITAL COST
- CONSISTANT QUALITY
- MUCH LESS PRONE TO BIOLOGICAL, ORGANIC, SUSPENDED SOLID PROBLEMS

2. 전처리 설비

막성능을 장기간 유지하기 위하여는 해수를 통과시키기 전에 막에 악영향을 주는 물질을 제거할 필요가 있다.

막의 성능 저하의 원인으로는

- 1) 막의 압밀화
- 2) 화학적 분해
- 3) SCALE
- 4) FOULING
- 5) 기계적 열화

등이 있으며 이중 2),3) 및 4)는 전처리에 의해 해결되지 않으면 안된다.

현재 시판되고 있는 여러가지 분리막들에 있어서 원수유입 조건을 보면 다음과 같다.

FEEDWATER REQUIREMENTS FOR VARIOUS MEMBRANES

	UOP TFCL	FILMTEC FT-30	TORAY SU-820	DUPONT B-10	UOP TFC
SUSPENDED SOLIDS		SDI<5		SDI<3	<5
FREE CHLORINE		1000PPM	HRS	ZERO	ZERO
PH					
-CONTINUOUS		2-11		4-9	3-11
-SHORT TERM		1-12			2-12
TEMPERATURE		0-45 C		0-35 C	0-45 C
IRON(PPM)		<0.1		<0.1	<0.1

해수 담수화에 있어서 전처리로서는 다음과 같은 것들이 필요하다.

1. REMOVE TRUBIDITY AND SUSPENDED SOLIDS
2. ADJUST PH OF FEED
3. REDUCE TENDENCY OF WATER TO FORM MINERAL PRECIPITATES
4. DISINFECT AND PREVENT SLIME GROWTH
5. REMOVE OIL OR OTHER ORGANICS

해수 담수화에 있어서 전처리 방법으로는 다음과 같은 것들이 있다.

1. CaCO₃ CONTROL

1) SULPHURIC ACID ADDITION TO REMOVE ALKALINITY

2) ANTISCALANT ADDITION

① SHMP

- CHEAP
- HIGHER DOSAGE, LIMITED SHELF LIFE

② POLYMERIC (EG FLOCON 100)

- MORE EXPENSIVE
- LOWER DOSAGE, EASY HANDLING, MORE EFFICIENT

REQUIREMENTS ARE:

- INDEPENDENT OF FEED INTAKE TYPE
- DEPENDENT ON SYSTEM RECOVERY

2. SUSPENDED SOLIDS/TURBIDITY

1) ROUGHING SAND FILTER

- REMOVES ALL EXCESSIVE SS & COLLOIDS
- PRECEDED BY COAGULANT DOSING (FERROUS/FERRIC)
- CONTAINS SAND/ANTHRACITE
- DESIGNED AROUND 3-4 GPM PER SQUARE FT.

2) POLISHING FILTER

- REMOVES VERY FINE PARTICLES PASSING THROUGH ROUGHING FILTER
- USUALLY CONTAINS SAND/ANTHRACITE
- DESIGNED AROUND 6-7 GPM PER SQUARE FT.
- EFFLUENT MUST HAVE SDI <5 (SW) OR SDI <3 (HF)

3) CARTRIDGE FILTER

- TWO 100% CAPACITY FILTERS RECOMMENDED
- DISPOSABLE 5-10 MICRON TYPE
- * FOR SEAWELL INTAKE, ONLY 2) AND 3) MAY BE REQUIRED
- * FOR SURFACE INTAKE, GREAT FLEXIBILITY REQUIRED TO COPE WITH SEASONAL VARIATIONS

3. MICRO ORGANISM CONTROL

CHLORINATION

- ESSENTIAL
- EXTRA CHLORINE DEMAND DUE TO BROMINE, AMMONIA, ORGANICS
- EFFECTIVENESS OF DISINFECTION DEPENDS ON
- RESIDUAL CL_2
- CONTACT TIME
- TEMPERATURE PH
- GENERALLY DOSAGE
- 1PPM ~ 10PPM
- * SEAWELL INTAKE
 - VERY LOW BIOLOGICAL CONTENT
 - LOW CL_2 REQUIREMENT
- * SURFACE INTAKE
 - HIGHLY FLUCTUATING BIOLOGICAL CONTENT
 - HIGHER CL_2 REQUIREMENT

DECHLORINATION

- SODIUM BISULPHITE ADDITION USUALLY USED(5-10PPM)
- CARBON FILTER CAN BE USED, BUT HARBOUR BACTERIAL GROWTH

3. REVERSE OSMOSIS

RO SYSTEM 설계에 있어서 만족할 만한 성능을 얻기 위해서는 다음과 같은 기본여건들이 필요하다.

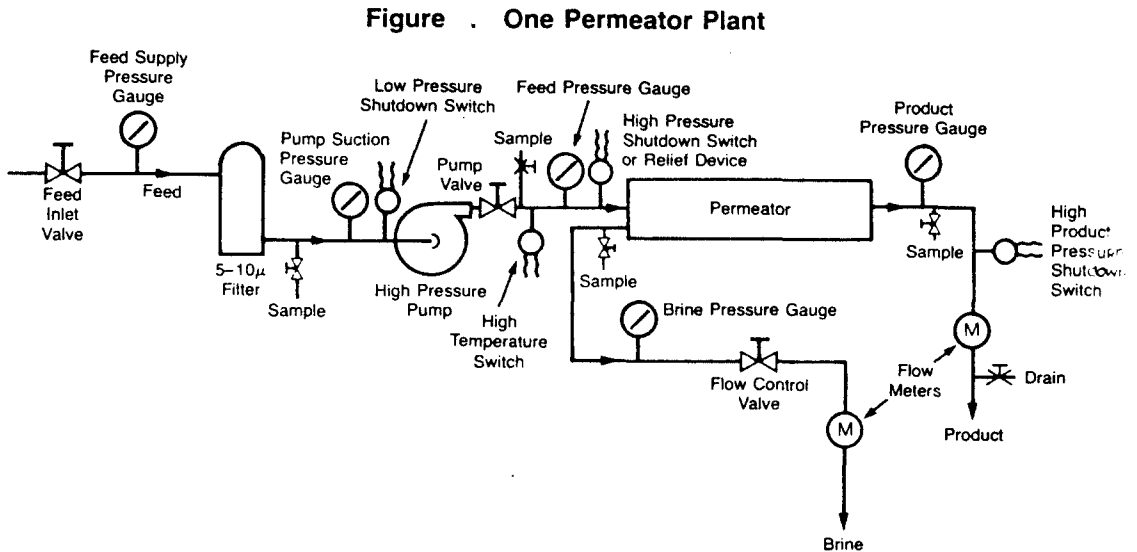
- 원수 및 조작조건에 대한 완전하고 정확한 정보
- 적절한 전처리 설비
- RO SYSTEM 에 대한 적절한 설계
- 올바른 장치운전 및 유지관리

3.1 RO SYSTEM 설계

3.1.1 SINGLE ELEMENT OR PRESSURE VESSEL SYSTEM

가장 간단한 SYSTEM 으로 1 개의 RO MODULE 또는 PRESSURE VESSEL 로 요구하는 수량 및 수질을 얻을 수 있을때 이용된다.

그림은 전형적인 SINGLE ELEMENT SYSTEM의 예로 원수는 MICRO FILTER 를 거쳐 고압펌프에 의해 RO MODULE 에 압입된다.



원수는 MODULE 출구에서 처리수 LINE 과 농축수 LINE 으로 구분되며 이때 MEMBRANE 을 통과한 처리수 LINE 의 압력은 가능한한 배압 (BACK PRESSURE) 이 걸리지 않도록 하여야 하며 만일 처리수 LINE 에 배압이 걸리면 처리수량 감소를 초래하게 된다. 농축수의 압력은 원수의 압력과 가까운 압력을 갖게되며 이 농축수의 유량을 조절함으로써 SYSTEM 의 회수율을 조정하게된다.

그림에 나타낸 SYSTEM 의 구성품들의 종류 및 용도는 다음과 같다.

① FEED INLET VALVE : FEED WATER 를 멈추고 장치를 멈추어야 할때 사용

② CARTRIDGE FILTER : MEMBRANE 을 FOULING 시키거나 HIGH PRESSURE PUMP를 손상시키는 입자성분을 제거하기 위해 5~10 CARTRIDGE FILTER 가 사용된다. FILTER 는 FILTER 의 중간 표면적의 $5\sim 10\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^3$ 의 유속에 맞도록 설계되어야 한다.

③ HIGH PRESSURE PUMP : 그림에서처럼 RO 에 이용되는 HIGH PRESSURE PUMP는 기본적으로 CENTRIFUGAL PUMP와 POSITIVE DISPLACEMENT PUMP 가 있다.

- CENTRIFUGAL PUMP(CP) : CP는 RO 에 고압을 공급하기 위해 널리 사용되고 있으며 POSITIVE-DISPLACEMENT PUMP 보다 덜 복잡하다. PUMP DISCHARGE 쪽에 있는 THROTTLING VALVE 는 FEED 의 압력을 조절하기 위해 사용되며, VARIABLE SPEED ELECTRONIC MOTOR DRIVE 또는 사용될 수 있다. 총 흐름중 10% 정도가 흐름수 있도록 BACK-PRESSURE VALVE 를 설치하며, MODULE에 공급되어야할 용량보다 더 큰 PUMP가 설치 되었을때 초과양을 유입측으로 재순환 시켜 시스템 보 호하기 위해 사용된다.

- POSITIVE DISPLACEMENT PUMP(PD) : POSITIVE DISPLACEMENT PUMP는 작은 규모와 중간정도 규모의 SYSTEM에 종종 이용되고 또한 대규모 SYSTEM에도 적용할 수 있다. PD PUMP 압력을 조절할 수 없으므로 PUMP DISCHARGE 쪽에 RELIEF VALVE 를 설치해야만 한다. 그리고 PUMP 와 RELIEF VALVE 사이에 흐름에 방해를 줄만한 어떤것도 설치해서는 안된다. BACK PRESSURE VALVE를 CP 처럼 설치하여 SYSTEM의 압력을 조절할 수 있다. PULSATION DAMPENER(ACCUMULATOR) 는 압력을 일정하게 유지 해주기 위해 PUMP INLET과 DISCHARGE 쪽에 설치해야 한다.

④ SHUTDOWN SWITCHES : MODULE은 고압과 고온에 견딜수 있어야 한다. PUMP에서 CAVITATION 을 막기위해 FEED 양은 충분히 공급해야 한다. SYSTEM SHUTDOWN SWITCH 는 설계 범위를 벗어난 조건에서 MODULE 을 보호하기 위해 설치되어야 한다.

-HIGH FEED WATER PRESSURE SHUTDOWN

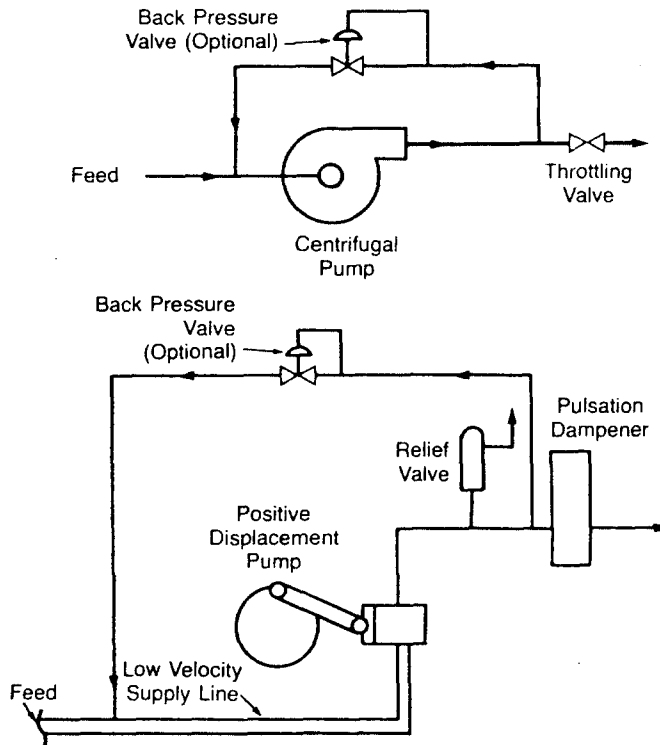
-LOW FEED WATER PRESSURE 는 PUMP 에 손실을 주기 때문에 피해야 한다.

-HIGH FEED WATER TEMPERATURE SHUTDOWN

-HIGH PRODUCT PRESSURE SHUTDOWN는 처리수 압력이 기준치를 넘지 않게하고, 배관을 보호하기 위해 처리수 쪽에 PRESSURE RELIEFDEVICE 를 설치 해야한다.

⑤ VALE : VALVE 는 BRINE 양을 조절하기 위해 사용되며 AUTOMATIC PRESSURE VALVE는 사용되지 않는다. RO 에 공급되는 압력이 낮게되면 AUTOMATION VALVE가 닫히게되고 또한 100% 의 회수율에서 운전하는 결과가 되어 MODULE 에 SCALING 이 생기는 원인이 된다. 유량계는 회수율을 조절하기 위해 사용된다. CONDUCTIVITY 측정장치에 의한 회수율조절을 해서는 안되며 그렇게 하면 BRINE 의 FLOW RATE 가 불규칙하고 SYSTEM 성능에 많은 영향을 준다.

Figure . Centrifugal and Positive Displacement Pumps: Typical Piping Configurations



⑥ METER AND GAUGE : 유량계는 BRINE 과 PRODUCT 의 유속을 측정하기 위한 것이고, GAUGE 는 CARTRIDGE FILTER INLET 과 OUTLET 압력차, PUMP LNLET 쪽의 압력 FEED 압력, BRINE 과 FEED 사이의 압력차, PRODUCT의 압력을 측정하기 위한 것이다. 액체로 채워진 GAUGE 는 MODULE 에 안전한 약품으로 GLYCERINE 또는 OIL 과 같이 물에 섞이지 않는 액체를 이용한다.

⑦ AUXILIARY EQUIPMENT : FEED 에 PH 를 조절하기 위해 산이 사용되었다면, HIGH, LOW PH SHUTDOWN SWITCH 가 설치 되어야 한다.

⑧ SAMPLE VALVE : PRODUCT 와 BRINE 의 SAMPLE VALVE 는 MODULE 의 성능을 검사하기 위해 사용되며 CARTRIDGE FILTER OUTLET 에 FEEDWATER 의 SDI 를 측정하기 위해 SAMPLE VALVE 를 설치해야 한다.

⑨ ENERGY RECOVERY SYSTEM : 농축배수가 가지고 있는 고압을 이용 ENERGY RECOVERY를 하는 경우 총소요 에너지의 20~30% 정도를 회수할수 있다.

⑩ OPTION EQUIPMENT : 여러종류의 장비들이 RO SYSTEM 을 MONITORING 하고 CONTROLLING 하기 위해 선택적으로 사용될 수 있다.

- HIGH PRESSURE PUMP 후단이 FEED WATER TEMPERATURE RECORDER
- HIGH PRESSURE PUMP 앞에 SDI MONITOR
- HIGH PRESSURE PUMP 전단에 FEED PH RECORDER
- HIGH PRESSURE PUMP 전단에 잔류 염소 MONITOR AND SHUTDOWN
- RO PUMP MOTOR 에 HOUR METER 부착
- FEED 와 BRINE 사이의 DIFFERENTIAL PRESSURE GAUGE
- HIGH PRODUCT AND BRINE CONDUCTIVITY ALARM

⑪ PIPING : PIPING 은 다음 사항에 따라 이루어져야 한다.

- 연결부의 압력을 최소화 해야한다.
- 내부식성이 있어야 한다.
- 재질에 따른 비용을 고려
- 진동이나 충격으로 부터 PLASTIC PIPE 를 보호해야 한다.

3.1.2 MULTIPLE MODULE SYSTEMS

대부분의 RO SYSTEM 에서 요구되는 수량 및 수질을 얻기 위해서는 여러개의 MODULE 을 SERIES 또는 PARALLEL 로 연결하여 사용하게 된다.

(1) PARALLEL SINGLE STORAGE SYSTEMS.

해수와 같은 높은 TDS 의 원수를 처리하기 위해서는 그림과 같이 여러개의 MODULE 을 PARALLEL 로 연결하여 사용하게 된다. 전체적인 SYSTEM CONTROL 은 SINGLE MODULE SYSTEM 과 같다. 또한 이때 전체 SYSTEM 의 RECOVERY RATE 는 역시 1개의 농축수량 조절밸브에 의해 CONTROL 됨에 주의할 필요가 있다.

(2) BRINE STAGED SYSTEM

비교적 낮은 TDS 의 원수를 처리하는데 있어 RECOVERY RATE 를 최대화 하기 위하여 사용된다. BRINE STAGE 라는 것은 1차 STAGE 에서 처리된 농축수를 2차 STAGE 의 원수로 이용하는 것이다. 이때 1,2차 STAGE 의 처리수는 혼합되어 나간다. 그림에는 단지 2STAGE SYSTEM 을 나타낸 것이다. 경우에 따라서는 3 또는 4 STAGE SYSTEM 으로 설계할 수 있다. 그러나 농축수의 농도를 결정하는 데에는 다음과 같은 조건들이 만족되어야 한다.

- a. 침전물이나 SCALE 형성이 되지 않는 범위
- b. MINIMUM BRINE FLOW RATE

(3) PRODUCT STAGED SYSTEM

PRODUCT STAGING 은 SINGLE STAGE SYSTEM 으로 요구하는 수질을 얻을 수 없을때 사용된다. 이 SYSTEM 은 그림에서 보는바와 같이 1차 STAGE 의 처리수를 2차 STAGE 의 원수로 사용하는 것이며 이때 1차 STAGE 의 처리수는 압력이 없으므로 2차 STAGE 를 위해서는 별도의 고압펌프가 필요하다. 이때 2차 STAGE 의 농축수를 수질은 통상 1차 STAGE 의 원수보다 양호하므로 1차 STAGE 의 FEED 쪽으로 회수된다.

Figure . Single Stage Parallel System

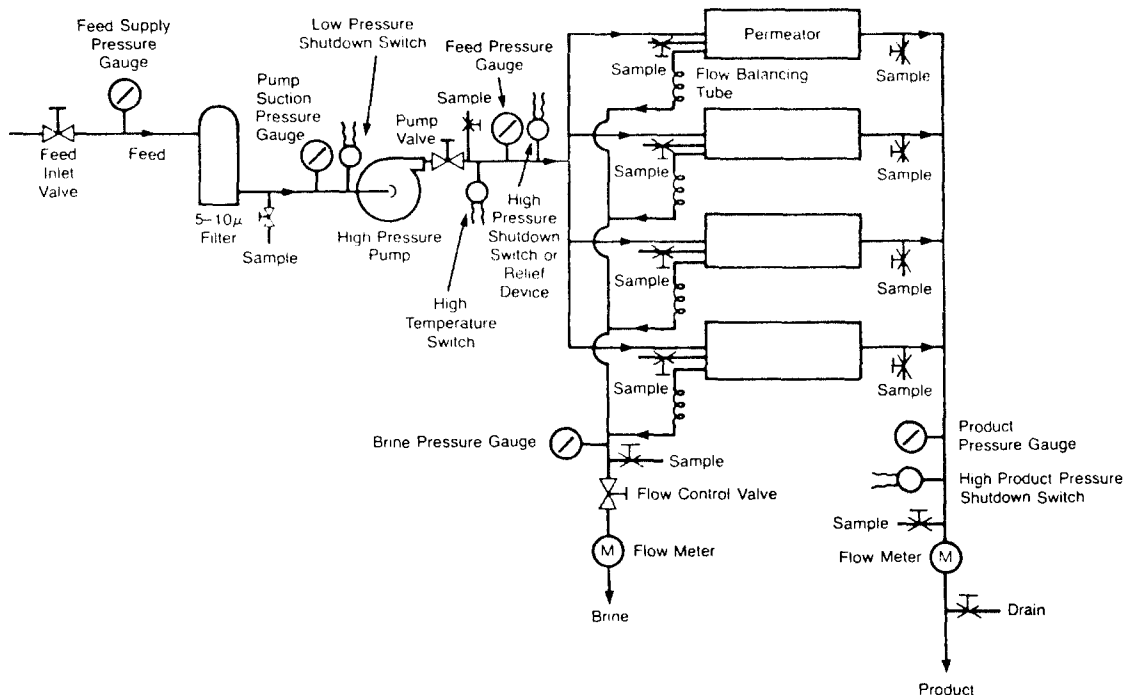


Figure . Brine Staging

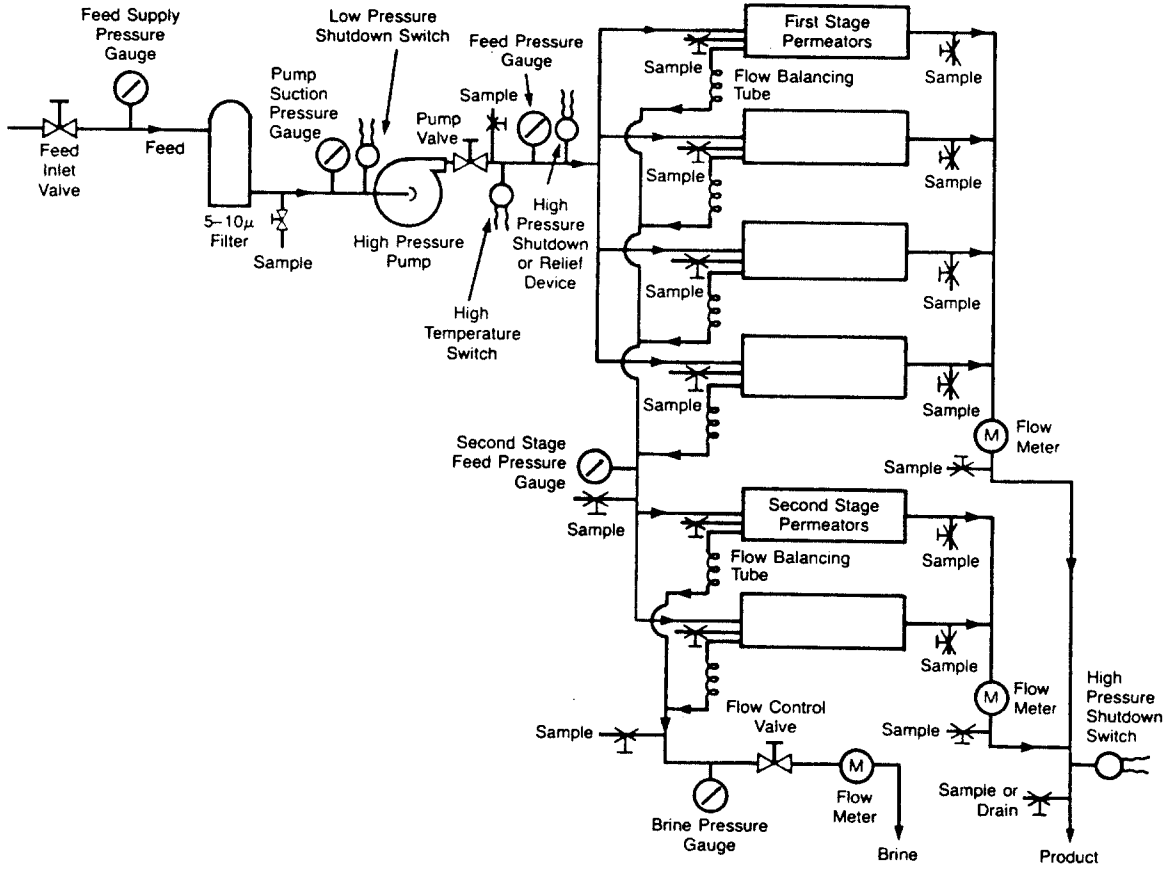
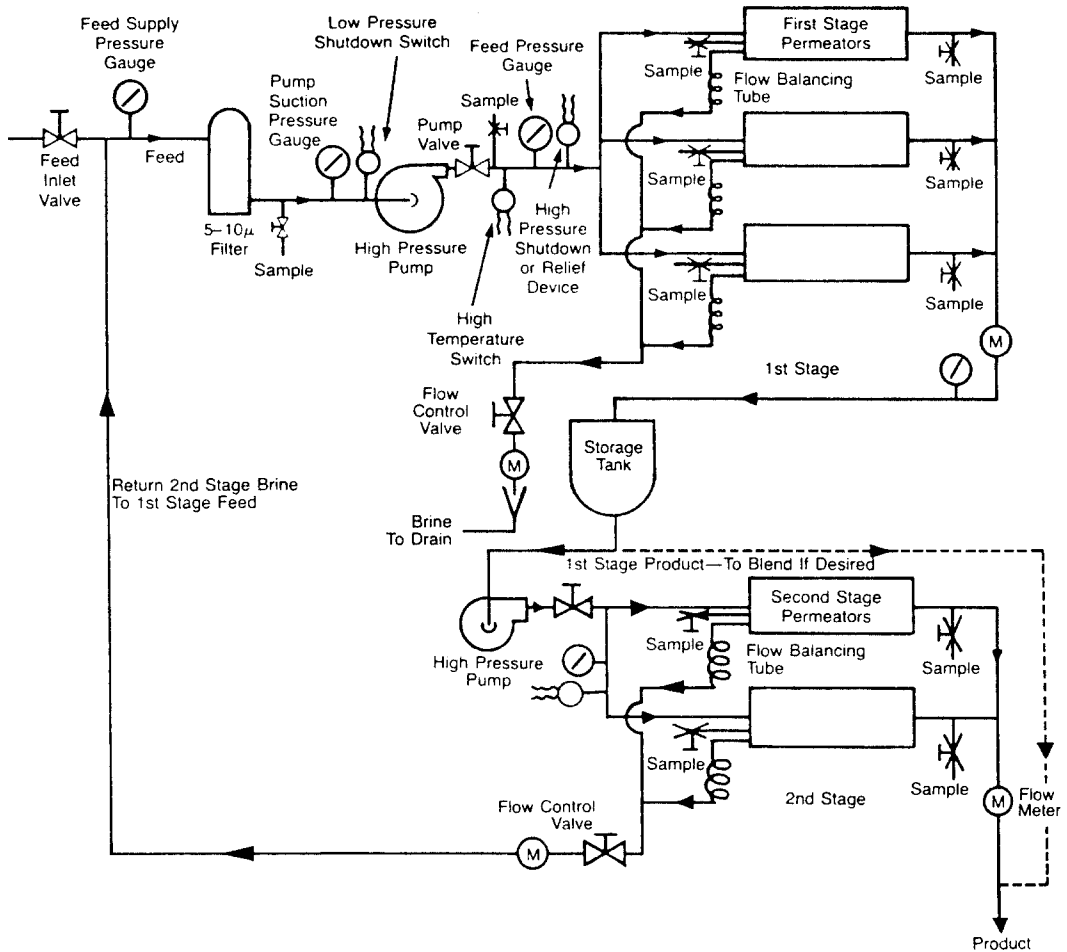


Figure . Product Staging



4. POST TREATMENT (후처리)

RO 투과수는 PH 가 5정도로 약산성을 띄게 된다. 이 때문에 투과수를 수도 배관으로 공급하면 배관부식이 일어나게 된다. PH 가 낮은 이유는 물속의 탄산가스 또는 중탄산의 막에 의한 세거율이 나쁘기 때문이다. 물속의 탄산가스를 제거하기 위해서는 탈기탑을 이용 공기를 강제로 물과 접촉시킨다.

또한 투과수에 소석회나 탄산칼슘을 주입하여 PH 및 경도를 조절하여 후처리에 중발잔유물, 염소이온농도등 음료수 수질 기준 항목을 만족할 수 있다. 또한 고순도의 공장용수로 사용하는 경우에는 탈기후 이온교환법에 의한 DEMINERALIZATION 등이 효과적인 후처리 공정이 된다.

III. ENGINEERING EXAMPLE

1. 공장 설계 조건

- PLANT LOCATION : WEST JAVA, INDONESIA
- PLANT CAPACITY : 8,000m³/DAY, PRODUCT BASE
(증설시 16,000m³/DAY)
- WATER SOURCE : SURFACE SEAWATER
- WATER TEMPERATURE : 30 ± 3 ° C
- TREATED WATER QUALITY : TDS < 20PPM
PH 6.5 - 7.5
TURBIDITY < 1 NTU
CI < 10PPM
- MEMBRANE LIFE : FIVE (5) YEARS
- EQUIPMENT LIFE : TWENTY (20) YEARS

2. REVERSE OSMOSIS SYSTEM

① MEMBRANE

MATERIAL ROLYAMIDE, TFC
MODULE TYPE SPIRAL WOUND

② SYSTEM STAGING

	1ST STAGE	2ND STAGE
RECOVERY RATE	> 45%	> 90 %
REJECTION RATE	> 99.36%	> 90%
NO. OF UNIT	FOUR (4)	FOUR (4)

③ ENERGY RECOVERY SYSTEM REQ'D

3. SYSTEM 구성

- SEAWATER INTAKING SYSTEM
- PRETREATMENT SYSTEM
- REVERSE OSMOSIS SYSTEM
- POST TREATMENT & WATER SUPPLY SYSTEM

Table. SEA WATER QUALITY

CONSTITUENT	SEA WATER ANALYZED
PH	8.35
Turbidity, NTU	< 5
Ammonium, mg/l	< 0.04
Calcium, mg/l	262.41
Copper, mg/l	0.20
Iron Dissolved, mg/l	0.62
Manganese, mg/l	0.09
Magnesium, mg/l	1211.92
Sodium, mg/l	9502.57
Potassium, mg/l	391.30
Zinc, mg/l	0.12
Chloride, mg/l	16450.80
Flouride, mg/l	0.95
Nitrate, mg/l	<0.11
Nitrate, mg/l	<0.03
Phosphate, mg/l	<0.03
Sulphate, mg/l	2150
Arsenic, mg/l	<0.001
Cadmium content, mg/l	<0.01
Cyanide, mg/l	<0.01
Chrom hexavalent, mg/l	<0.006
Lead, mg/l	<0.01
Mercury, mg/l	<0.001
C.O.D (by $K_2Cr_2O_4$), mg/l	< 10
Dissolved Oxygen, mg/l	7.80
Organic Matter ($KMnO_4$), mg/l	< 10
Residue on Evaporate, mg/l	30070
Suspended Solid, mg/l	4
Free CO_2 , mg/l	nil
Oil & grease, mg/l	< 0.2
Sulphite, mg/l	< 0.05
SiO_2 , mg/l	0.4
M.O. Alkalinity, mg/l	90.03
P.P. Alkalinity, mg/l	11.20
Total Hardness, mg/l	5637.94
T.D.S, mg/l, Calculated	31187
Conductivity, mirco mhos/cm	51500

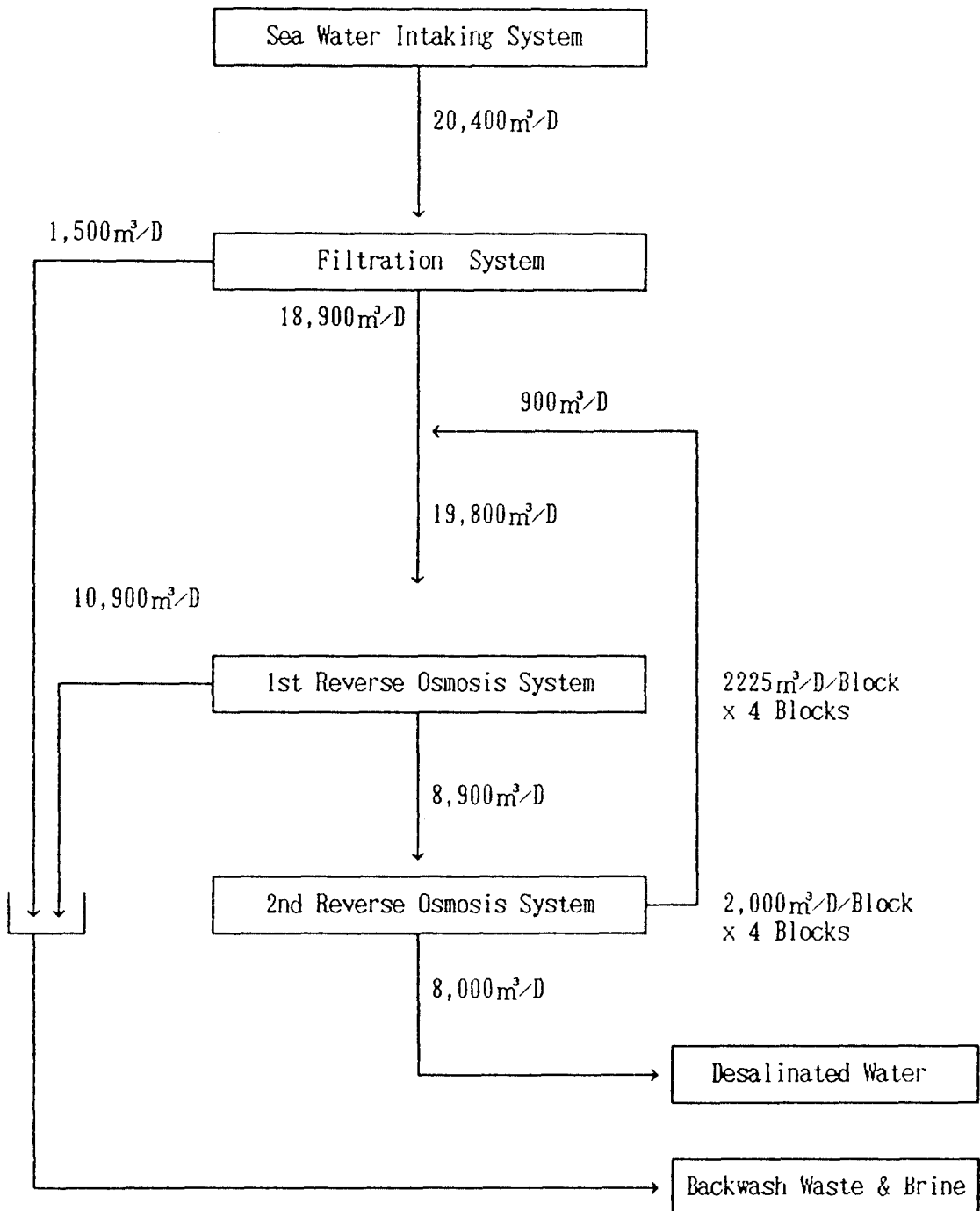


Fig . Typical Block Diagram with Material Balance of the Desalination Plant for 1st Phase.

Appendix 4-F

* DESALINATION WITH TORAY REVERSE OSMOSIS MODULE *
 (GOLDEN KEY / 1ST. RD / 45 % RD. / AFTER 5 YEARS)

1. TECHNICAL INFORMATION OF THE PLANT

(1) PRODUCT WATER CONDITION		
QUANTITY -----	4450.0	M3/DAY
(2) FEED WATER CONDITION		
TEMPERATURE -----	25.0	DEG C
QUALITY -----	29960	PPM

2. BASIC DESIGN OF MODULE ASSEMBLY

(1) TYPE AND QUANTITY OF ELEMENTS		
SU-820 -----	288	FCS
(2) TYPE AND QUANTITY OF PRESSURE VESSELS		
PV-7260 -----	48	FCS

3. EXPECTED MATERIAL BALANCE (AFTER 5 YEARS OPERATION)

	QUANTITY	QUALITY
FEEDWATER -----	9888.9	M3/DAY
BRINE -----	5438.9	M3/DAY
PRODUCT -----	4450.0	M3/DAY
		29960 PPM
		54313 PPM
		195 PPM

4. DESIGN CONDITION (AFTER 5 YEARS OPERATION)

(1) TEMPERATURE -----	25.0	DEG C
(2) INTAKE PRESSURE -----	65.1	KG/CM2
(3) PRESSURE DROP -----	1.0	KG/CM2
(4) RECOVERY RATIO -----	45.0	%
(5) FLOW RATIO OF BRINE TO PERMEATE		
AT THE LAST ELEMENT -----	11.2	
(6) BRINE FLOW RATE		
AT THE LAST ELEMENT -----	78.7	L/MIN

NOTE: THIS PROJECTION IS FOR INFORMATION ONLY.

Appendix 4-G

* DESALINATION WITH TORAY REVERSE OSMOSIS MODULE *
 (GOLDEN KEY / 2ND. RD / 90 % RC. / AFTER 5 YEARS)

1. TECHNICAL INFORMATION OF THE PLANT

(1) PRODUCT WATER CONDITION		
QUANTITY -----	4000.0	M ³ /DAY
(2) FEED WATER CONDITION		
TEMPERATURE -----	25.0	DEG C
QUALITY -----	195	PPM NA ₂ CO ₃

2. BASIC DESIGN OF MODULE ASSEMBLY

(1) TYPE AND QUANTITY OF ELEMENTS		
1ST BANK (SU-720) -----	120	PDS
2ND BANK (SU-720) -----	36	PDS
TOTAL -----	156	PDS
(2) TYPE AND QUANTITY OF PRESSURE VESSELS		
1ST BANK (PV-2260) -----	20	PDS
2ND BANK (PV-2260) -----	6	PDS
TOTAL -----	26	PDS

3. EXPECTED MATERIAL BALANCE (AFTER 5 YEARS OPERATION)

	QUANTITY,	QUALITY
(1) 1ST BANK		
FEEDWATER -----	4450.0	M ³ /DAY
PRODUCT -----	3162.7	M ³ /DAY
(2) 2ND BANK		
FEEDWATER (BRINE/1ST BANK) ---	1287.3	M ³ /DAY
PRODUCT -----	837.2	M ³ /DAY
BRINE -----	450.0	M ³ /DAY
(4) TOTAL PRODUCT -----	4000.0	M ³ /DAY

4. DESIGN CONDITION (AFTER 5 YEARS OPERATION)

(1) TEMPERATURE -----	25.0	DEG C
(2) INTAKE PRESSURE -----	14.4	KG/CM ²
(3) PRESSURE DROP		
1ST BANK -----	1.0	KG/CM ²
2ND BANK -----	1.0	KG/CM ²
TOTAL -----	1.9	KG/CM ²
(4) RECOVERY RATIO		
1ST BANK -----	71.1	%
2ND BANK -----	65.0	%
TOTAL -----	89.9	%
(5) FLOW RATIO OF BRINE TO PERMEATE AT THE LAST ELEMENT		
1ST BANK -----	2.7	
2ND BANK -----	3.6	
(6) BRINE FLOW RATE AT THE LAST ELEMENT		
1ST BANK -----	44.7	L/MIN
2ND BANK -----	52.1	L/MIN

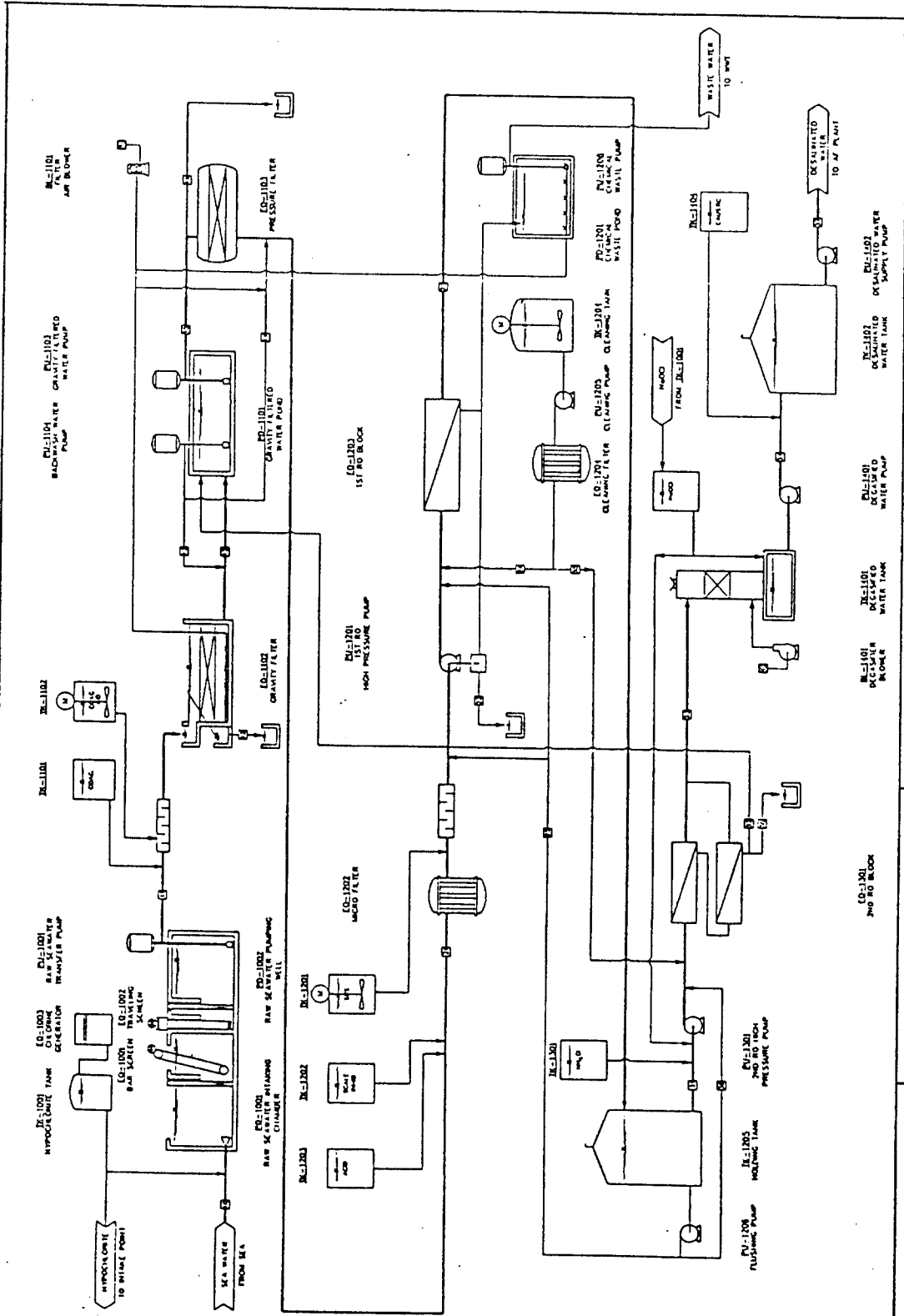
NOTE: THIS PROJECTION IS FOR INFORMATION ONLY.

1. CAPITAL COST

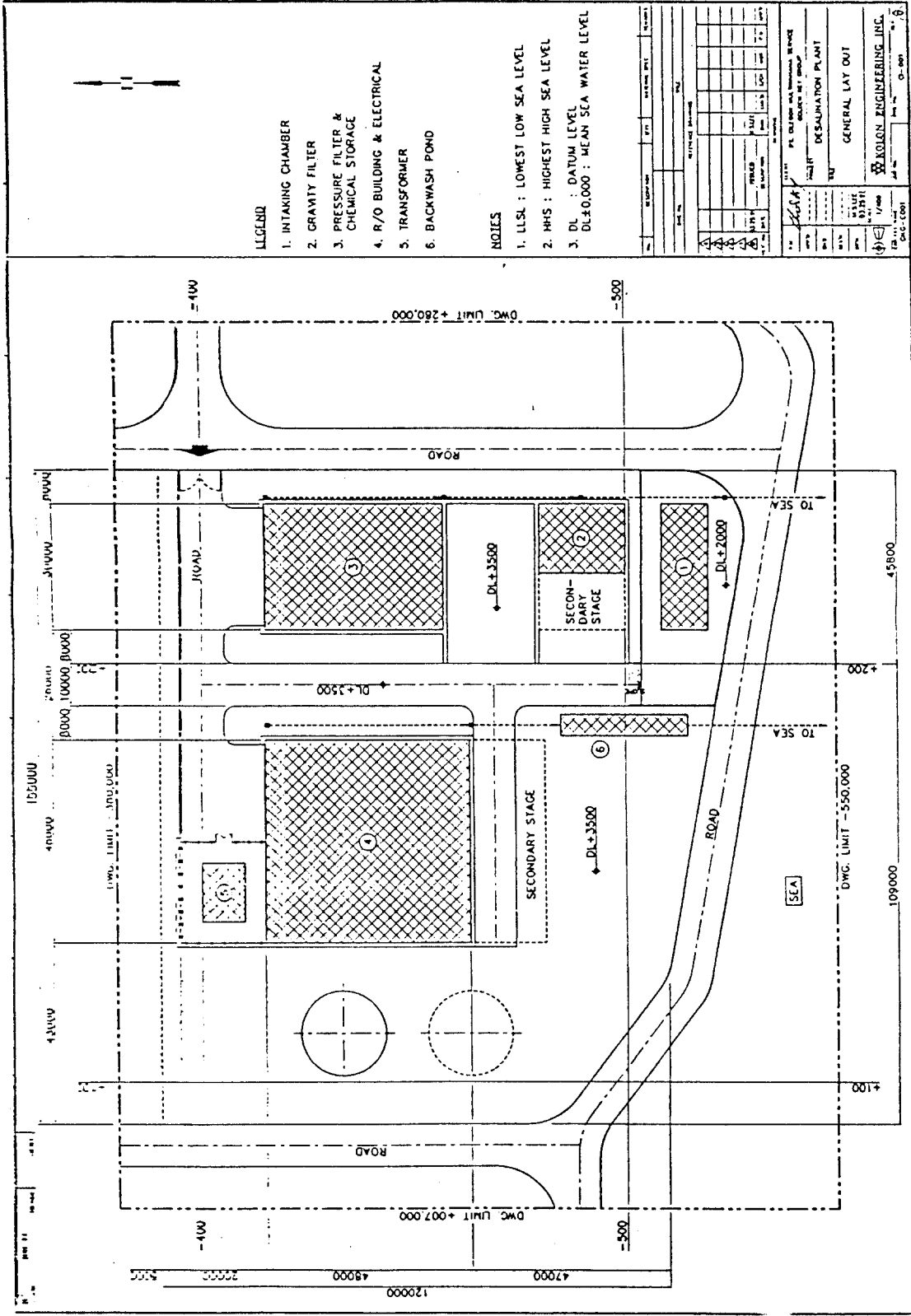
	COST (MUSD)	PERCENT
SEAWATER INTAKE	3.1	13.5
PRETREATMENT	4.0	17.5
RO BLOCK	5.7	24.9
POST TREATMENT	0.1	0.4
INSTRUMENTATION	3.2	14.0
ELECTRICAL	1.5	6.5
CIVIL & CONSTRUCTION	3.8	16.6
MISCELLANEOUS	1.5	6.5
TOTAL	22.9	100.0

2. OPERATING COST

	COST (USD/m ³)	PERCENT
ENERGY	0.42	39.6
MEMBRANE REPLACEMENT	0.12	11.3
LABOR	0.02	1.9
SPARE PARTS	0.04	3.8
CHEMICALS	0.05	4.7
MISCELLANEOUS	0.01	1.0
CAPITAL RECOVERY	0.40	37.7
TOTAL	1.06	100.0



CLIENT PT. GLEZON MULTIVAHANA SERVICE/ GOLDEN KEY GROUP	PROJECT DESALINATION PLANT	SCALE 1:1	PROCESS FLOW DIAGRAM WITH MATERIAL BALANCE	ENGINEER KOLON ENGINEERING INC.	DATE PR-001	REVISION REV. 1
---	-------------------------------	--------------	---	------------------------------------	----------------	--------------------



LEGEND

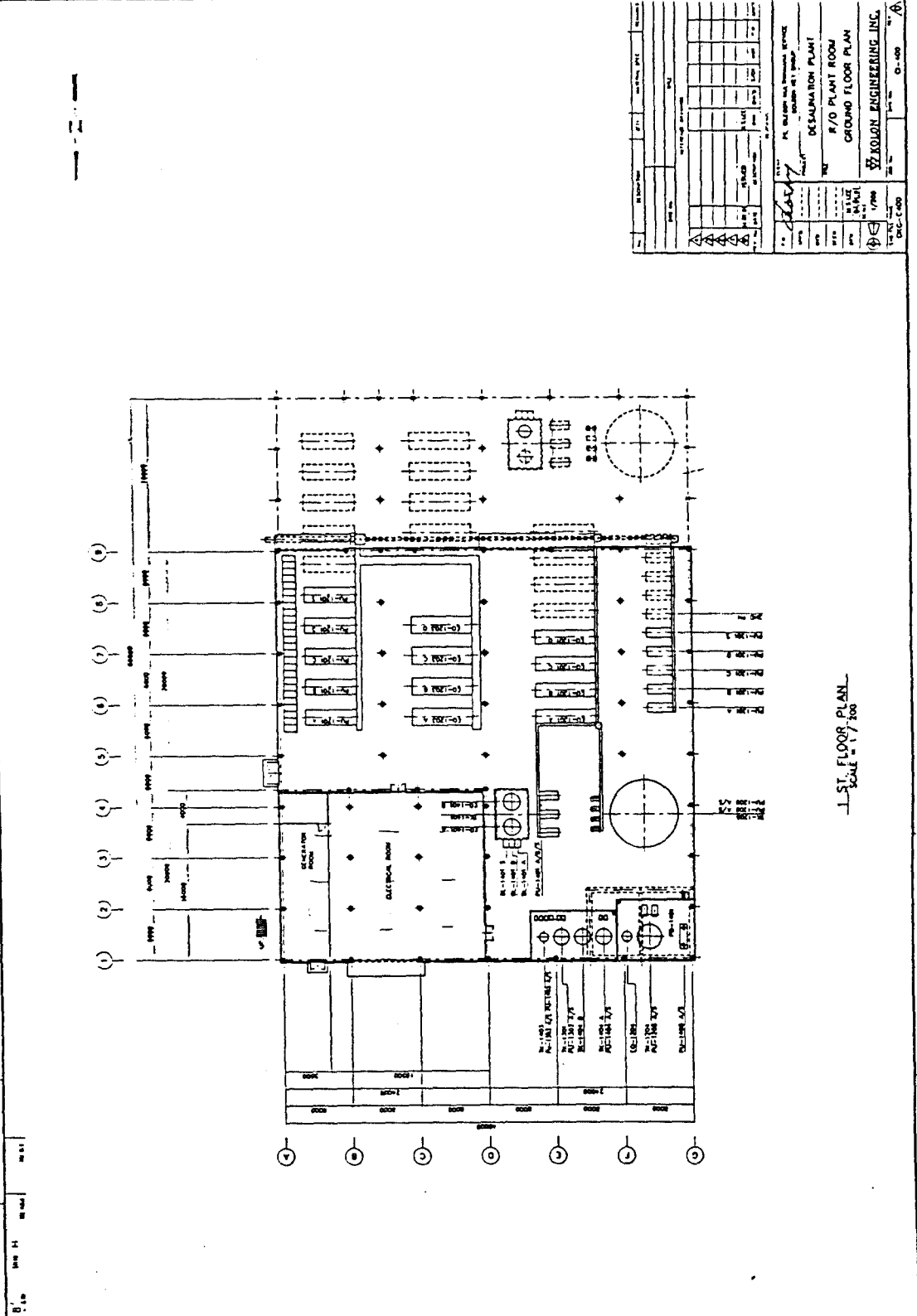
1. INTAKING CHAMBER
2. GRAVITY FILTER
3. PRESSURE FILTER & CHEMICAL STORAGE
4. R/O BUILDING & ELECTRICAL
5. TRANSFORMER
6. BACKWASH POND

NOTES

1. LLSL : LOWEST LOW SEA LEVEL
2. HHS : HIGHEST HIGH SEA LEVEL
3. DL : DATUM LEVEL
DL ± 0.000 : MEAN SEA WATER LEVEL

NO.	DESCRIPTION	DATE	REVISION	BY	CHKD.
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

PROJECT: PL. DESALINATION PLANT
 SHEET NO.: DESALINATION PLANT
 GENERAL LAYOUT
 DRAWN BY: [Signature]
 CHECKED BY: [Signature]
 DATE: [Date]
 SCALE: 1/100
 PROJECTED: [Date]
 EXECUTED: [Date]
 APPROVED: [Signature]
 ENGINEER: [Signature]
 FIRM: [Firm Name]
 ADDRESS: [Address]
 PHONE: [Phone Number]
 FAX: [Fax Number]
 E-MAIL: [Email Address]



NO.	REVISION	DATE	BY	CHK.

PROJECT: DESALINATION PLANT
 CLIENT: P.O. PLANT ROOM
 DATE: 7/1980
 DRAWN BY: [Signature]
 CHECKED BY: [Signature]
 PROJECT ENGINEER: [Signature]

SHEET NO. 01-100
 OF 100

