

GWW를 이용한 지하수 자료 관리

Application of Groundwater Software for Windows(GWW): An Overview

김윤영(Yoon - Young Kim)* · 이강근(Kang - Kun Lee)*

요 약 : 지하수 관련 자료를 체계적으로 저장, 관리하기 위해 유엔에서 GWW를 개발 하였다. GWW는 지리정보시스템의 기본 원리를 이용하여 현장이나 실험실에서 얻어진 자료를 시간, 공간적으로 체계적인 관리를 수행하기 위해 PC Windows상에서 기본 내용과 데이터베이스를 구축하며 데이터 베이스를 다양한 수리지질학적 그래픽으로 출력할 수 있다. 여기서는 GWW의 이용방법에 관해 난지도 매립지에서의 관련 자료들과 내장된 데이터 베이스를 이용하여 설명한다.

Abstract : GWW was developed by UN(United Nations) in order to manage groundwater data systematically on PC windows. Temporal and spatial data from lab and field tests are stored in a data base. The data base can be displayed graphically by using the GIS (Geographic Information System) technique. Raw data from pumping tests, step-drawdown tests, and chemical analyses can be analysed to characterize the hydrogeologic system. This article demonstrates a GWW application using default database and groundwater data obtained at the Nanjido Landfill site.

GWW 개요

GWW(Ground Water for Windows)(Karanjac and Braticevic., 1995)는 지하수 데이터 베이스 구축을 통한, 효율적인 지하수 관리를 위해 UN(United Nations)에서 만들었다. 지하수에 관계된 보고서 작성 및 자료 처리 과정을 GIS(Geographic Information System)의 기본 원리와 결합시켜 만들었다. GWW는 사용자 위주로 이용에 편리하고, 정교하며, 용도도 다양하다. GWW는 지하수 관련 자료의 입력, 저장, 출력, 수정, 분석, 계산과 해석 등에 사용될 수 있다.

GWW의 기능은 첫째, 관정의 깊이와 시간에 따른 화학분석 자료를 Piper trilinear diagram, Wilcox irrigation criteria diagram, Stiff diagram과 Schollelller diagram으로 출력할 수 있다. 둘째, 화학적 분포, 지하수위 분포, 투수량 계수, 수리 전도도, 지표고도, 암층의 두께 등의 공간 분포 요소들을 등고선으로 표시 할 수 있는 Mapping 기능이 있다. 특히, AutoCad 의 dxf 파일을 입출력 할 수 있다. 또한 ASCII 자료를 직접 사용할 수 있다. 셋째, 지표면, 정역학적 또는 동역학적 지하수위 분포, 층서학적 암질 분포 등의 단면을 그릴 수도 있다. 3차원 단면도는 선택된 관정의 block diagram으로 자동적으로 만들 수 있고 필요한 각도에서 볼 수 있게 회전도 가능하다. 넷째, 시추공의 깊이별 암질분포, 관정과 케이싱의 지름, 스크린 위치 등을 다양한 기호를 사용해서 표시할 수 있다. 다섯째, 양수시험 결과를 입력하여 해석하고 자료화 할 수 있다. 피압 대

수층이나 자유면 대수층에서의 양수시험 결과값을 Jacob, Theis, 그리고 Hantush 방법을 적용하여 투수량 계수, 저수 계수, 추정 오차 등을 구할 수 있다. 여섯째, 관측정, 양수정, 그리고 감시정 등의 절대 위치, 지표고도, 수위 등을 표시 할 수 있다.

위와같이 GWW는 지하수 자료의 입력, 저장, 수정, 처리 기능 뿐만 아니라 Mapping 기능도 가진다. GWW는 체계적으로 지하수 자원을 관리하기 위해 자료의 수집에서 해석, 해석된 결과를 다시 그래픽으로 표현하는 일련의 과정을 수행할 수 있는 Software이다.

적용 용도 및 지원환경

GWW는 기 개발된 DOS용 소프트웨어를 보완해서 Windows용으로 사용할 수 있게 하였다. 특히, 사용자 위주의 자료 입출력이 용이하다. GWW를 이용할 수 있는 분야는 어떤 지역의 지하수 관리나 지하수에 관한 종합적인 연구를 수행하고자 할 때이며, GWW는 이 때 수반되는 방대한 양의 물리, 화학, 지질학적 자료를 관리하기 위해서 지리 정보 시스템을 이용해서 만들어졌다. 암석, 층서, 지구화학, 수리지질, 지형 등의 모든 자료를 쉽게 다룰 수 있다. GWW를 이용하여 이들 자료들을 수리지질학적으로 해석 할 수 있다. 지하수 개발 가능성, 오염정도 분석 등을 그래프, 지도, 도표의 형태로 나타낼 수 있다.

GWW는 486 DX2 66 MHz 정도면 1000개의 관정과 관련된 데이터를 무리없이 처리할 수 있다. 하드 디스크 용량은 최소한 15 Mb 이상이어야 한다. Pantium 100 Mhz 정도이면 자료처

*서울대학교 지질과학과(Department of Geological Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea)

리 및 분석에 더욱 유용하게 사용할 수 있다. 지구화학 자료와 같이 각 분석자료들을 위치별, 시간별로 모두 자료화 하기 위해서는 더 큰 디스크의 공간을 필요로 한다.

적용 영역 및 구성

GWW는 아래와 같은 지하수 관련 영역에서 자료를 취합, 분리, 분석한다.

- 1) 지하수 관련 관측정 기본 자료를 취합하여 적용 목적에 적합한 자료의 형태로 변환(Table 1). 관정의 고유번호에 따른 기본적인 X좌표, Y좌표, Z(수위), 그리고 Zm(관정에서 수위까지 깊이) 값.
- 2) 깊이와 시간에 따른 화학 성분 농도 자료(Chemical data: Time and depth series).
- 3) 대수층의 형태에 따른 양수시험 자료 저장과 분석(Pumping test processing and aquifer parameters).
- 4) 우물 검층 및 우물 설계 자료(Well logs and well construction data).
- 5) 2, 3차원적 암석학적, 수리지질학적, 층서학적 단면도(Lithologic, hydrogeologic and stratigraphic cross sections).
- 6) 벡터 지향적인 지도 작성과 DXF파일 입력 또는 출력.
- 7) 단계 양수 시험 자료 (Step drawdown test) 해석.
- 8) 수위 측정자료 (Water level measurement data).
- 9) 입자크기 분포 곡선과 수리전도도 계산.
- 10) 다양한 수리지질학적 계산(우물 함수, 수위강하 등 다양한 우물 관련자료).

위와 같은 지하수 관련 자료들을 입력, 저장 관리, 분석, 계산, 설명 할 수 있다. 즉, 지도, 단면도, 암석학적 구획 도표 등을 자료를 바탕으로 만들 수 있다.

화학 분석 적용(Chemistry Application)

지하수 정보체계 자료를 화학적으로 응용할 수 있다. 오염, 중금속, 미량원소를 포함해서 자료화 할 수 있다. STIFF, PIPER, WILCOX, SCHOELLER 다이어그램으로 표시 할 수 있

Table 1. A tabulated data for well locations and groundwater table of the Nanjido Landfill site.

Well General Data-Coordinates				
Well Ident	X	Y	Z	ZM
S-1	190376	453045	5.80	5.88
S-6	187852	452431	3.15	3.25
S-7	188278	452263	10.03	10.23
S-8	189220	451762	15.84	15.95
S-9	189700	451298	11.72	11.80
S-10	189970	452456	3.93	4.03
S-11	189098	452986	1.15	1.25
S-13	189210	452001	12.50	12.62
S-14	189980	451382	11.20	11.30
PT-1	189232	451772	16.38	16.48
PT-2	188020	452625	17.35	17.45
PT-3	189980	451176	18.02	18.12
MLMW	189225	451769	16.13	16.25

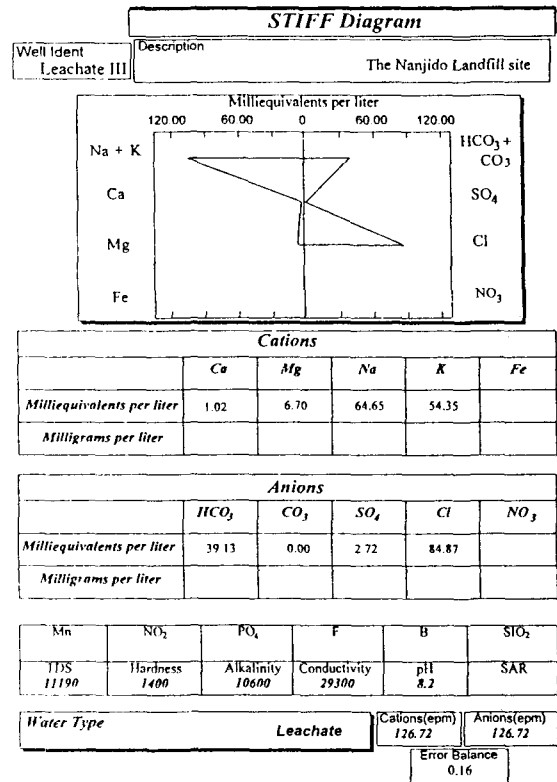


Figure 1(a). An example of a Stiff diagram retrieval from a data base of the Nanjido Landfill site.

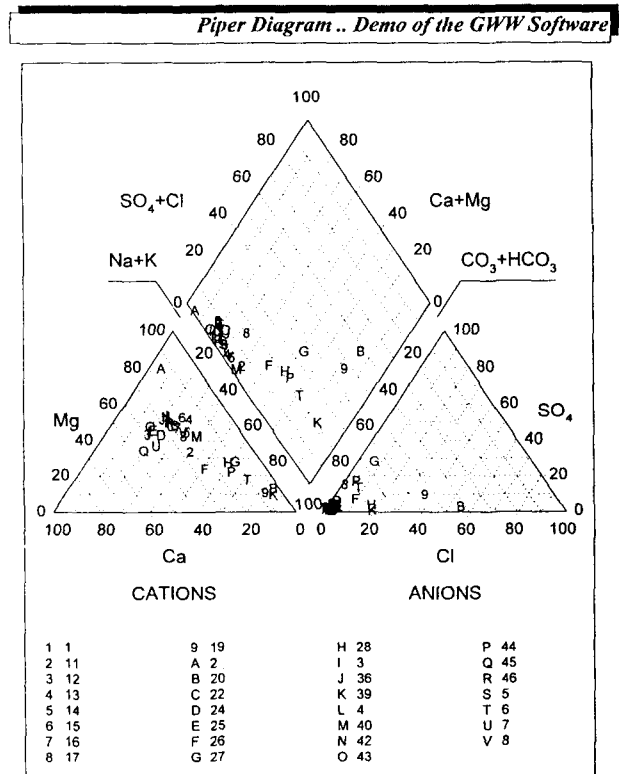


Figure 1(b). An example of a Piper diagram retrieval from a GWW data base.

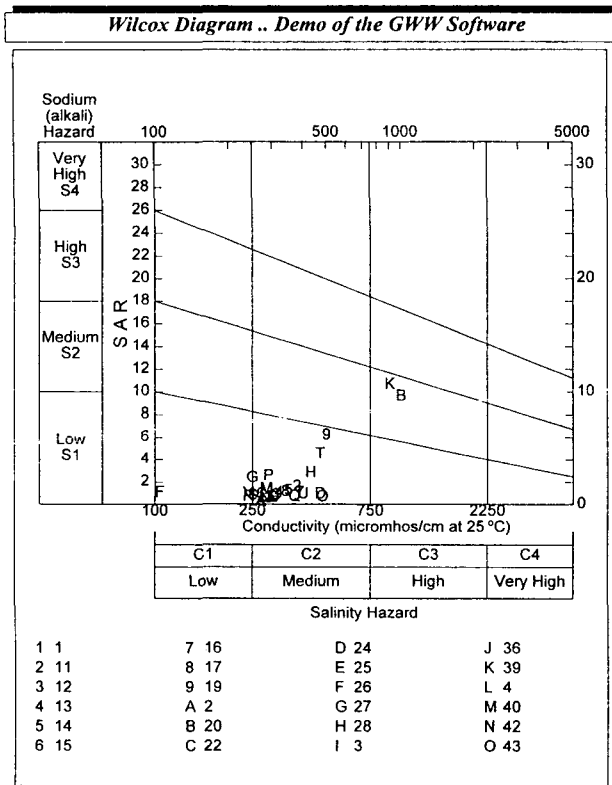


Figure 1(c). An example of a Wilcox diagram retrieval from a GWW data base.

Table 2. Time serial and time invariant spatial data of TDS at S-6 well in the Nanjido Landfill.

year/month/day	hour:min	TDS(ppm)	Depth(m)	TDS(ppm)
1995/01/01	11:00	532	05	200
1995/02/01	13:00	563	10	230
1995/03/01	12:00	542	15	250
1995/04/01	16:00	519	20	256
1995/05/01	13:00	487	25	259
1995/06/01	18:00	498	30	286
1995/07/01	14:00	465	35	295
1995/08/01	17:00	347	40	302
1995/09/01	17:00	367	45	309
1995/10/01	14:00	485	50	320
1995/11/01	14:00	511	55	327
1995/12/01	12:00	523	60	330

다(Figure 1(a),(b),(c),(d)). 입력자료의 단위는 ppm 또는 epm 으로 할 수 있다. 다른 프로그램으로 부터 ASCII로 되어 있는 자료를 사용할 수도 있다. 깊이 변화에 따른 농도변화, 시간변화에 따른 농도변화를 암석학적 단면위에 중첩할 수 있다 (Table 2). 화학자료의 구성 형태는 우물번호, 실험실 분석 자료, 자료 분석 날짜와 분석자료인 Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, HCO₃, CO₃, SO₄, Cl NO₃, NO₂ PO₄, F, B, SiO₂, TDS, Hardness, Alkalinity, Conductivity, pH, Eh, Dissolved Oxygen, Temperature, Turbidity, Colour, Ammonia, BOD, COD, Cations, Anions, SAR, Balance Error, Reflection Chemistry, EPM, Type, Region, District, Name, Z, ZM, X좌표, Y좌표 등 위치, 고도 관련자료 등이다.

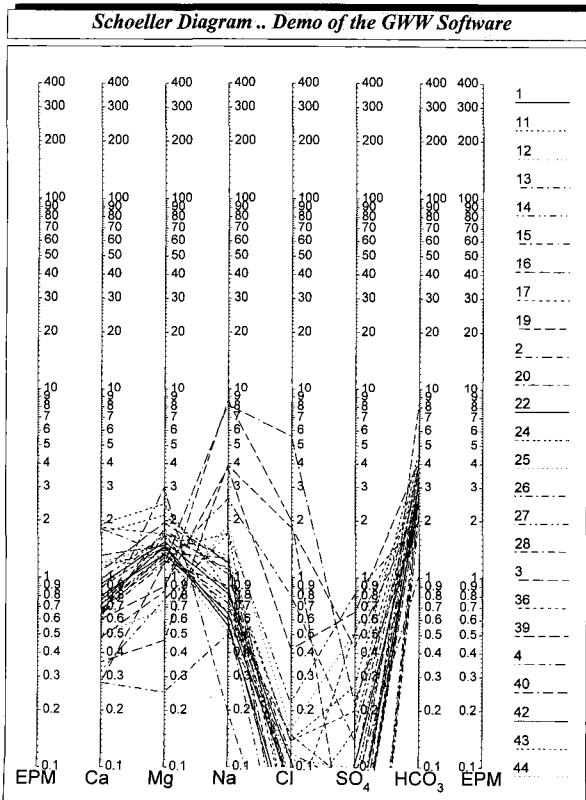


Figure 1(d). An example of a Schoeller diagram retrieval from a GWW data base.

양수시험 적용(Pumping Test Processing)

피압대수층, 자유면대수층, 누수대수층, 피압대수층과 자유면대수층에서의 부분 관통정을 이용한 양수시험 자료 등을 Jacob, Theis, Hantush method를 사용하여 해석할 수 있으며, 자료를 비교, 검토 하는 과정에서 어떤 자료의 제거에 필요한 옵션 등이 있다(Figure 2). 회복시험 분석, 단계양수시험에도 적용이 가능하다.

시험결과와 표현, 출력을 위해 3가지의 방법이 제공된다.

linear (time) - linear (drawdown) scale

logarithmic (time) - linear (drawdown) scale

logarithmic (time) - logarithmic (drawdown) scale

위의 길이 단위들을 이용하여 도표 또는 그래프의 형태로 시험결과를 표시 할 수 있다.

우물 검층과 암석학적 적용(Well Logs and Well Construction Data)

우물 시공시 얻어진 암석학적 특징과 깊이별 자료를 이용하여 우물 검층 자료를 만들 수 있다. 우물 번호, 용도, 조사자, 우물 착정자 및 날짜, 좌표값, 지표고도, 우물의 꼭대기 높이, 수직과 수평 스케일, 콘크리트의 블록, 스크린 된 부분의 위치, 다양한 암질별 자료를 망라한 우물 검층 결과를 한눈에 볼 수 있게 한다(Figure 3). 이러한 검층 결과를 토대로 암석학적 단면도를

Pumping Test			
Well Ident 1	Description		
Obs. Well Distance [m] 40.00	Average Pump Rate [m3/day] 2.530000	Duration [min] 500.0000	Initial Sat. Thickness [m]
Results			
Transmissivity [m2/day] 6.801066	Storage Coefficient 0.00004722706	Leakance [1/day] 0.00002210442	Estimation Error [m] 0.08
Fit Method			Hantush Method

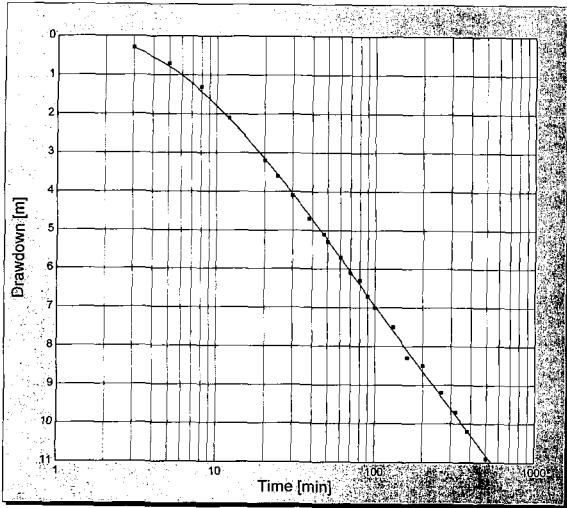


Figure 2. An example of pumping-test analysis(Fitting method: Hantush method).

작성하게 된다.

단면도 작성(Cross Sections: in two and three dimensions)

마우스로 선을 지정하여 원하는 위치에서 암석학적 단면을 만들 수 있다. 물론 정보는 우물 겹층의 자료로 제공된다. 단면도 작성에는 지표의 고도와, 정,동력학적 수위, 암층서학적 단위 등이 필요하다. Color가 지원되고, 암반과 풍화대 사이의 경계선, 날짜별 우물 수위의 현황 등을 표시 해 줄 수 있다. 선택된 우물의 단면을 가지고 자동적으로 암층서 단면도를 만들 수 있다(Figure 4).

지도 제작(Mapping Utility)

GWW는 공간적으로 분포된 지형 등을 등고선화 하고, 각 다각형별로 색조합 하며, 격자망 모델을 만든다. 마우스로 선, 면적, 그리고 점을 디지털타이핑 할 수 있다. Autocad의 dxf 파일로 부터 변환도 할 수 있다(Figure 5). 그리드, 선, 면적, 문자, 점 등의 ASCII 파일 등을 변환 시킬 수 있다. 지리 정보시스템의 부분으로서 다양한 주제별로 자료를 저장 할 수 있으며 원하는 위치에서 단면을 볼 수 있다.

단계 양수 시험 분석(Analysis of Step Drawdown Test Data)

단계 양수 시험은 양수정의 물의 양을 효과적으로 양수하여 사용하기 위한 방법으로 물의 양을 단계적으로 달리 하면서 양수하

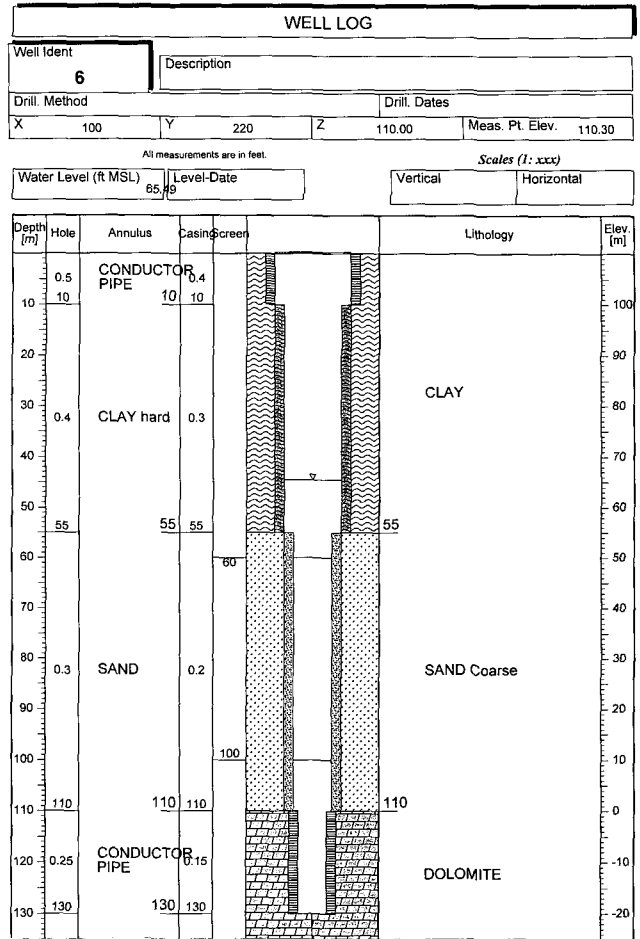


Figure 3. An example of a well log retrieved from a GWW data base.

는 방법이다. 총 수위강하는 크게 우물 손실(well loss)과 대수층 손실(aquifer loss)로 크게 두가지로 나눌 수 있다. 데이터 fitting에 사용되는 두가지 방법은 GWW에서 아래와 같이 정의 하고 있다.

$$S_w = aQ + bQ^2 \text{ (classical Jacob theory)}$$

$$S_w = aQ + bQ^n \text{ (Rorabaugh theory)}$$

이 계산값은 대수층 손실, 우물 손실, 각 양수 단계를 위한 평균효과를 포함해서 도표나 그림으로 표시할 수 있다 (Figure 6).

수리 수문 곡선에 적용(Hydrograph Application)

GWW는 다음 자료를 이용하여 관련된 곡선이나 그림을 그릴 수 있다.

- ㄱ) 관측정, 양수정, 감시정에서 수위 변화.
 - ㄴ) 절대 고도에서 수위까지 거리, 지표와 측정점으로부터 지하수면까지의 깊이 변화.
 - ㄷ) 입력 자료에 포함된 모든 수위 지점을 연결한 등고선.
 - ㄹ) 수리지질학적 단면.
 - ㅁ) 다양한 색상, 기호, 문자체, 선 등을 사용한 곡선이나 그림.
- 또 수리지질학 곡선을 그릴 때 Mapping Utility에서 사용한 지

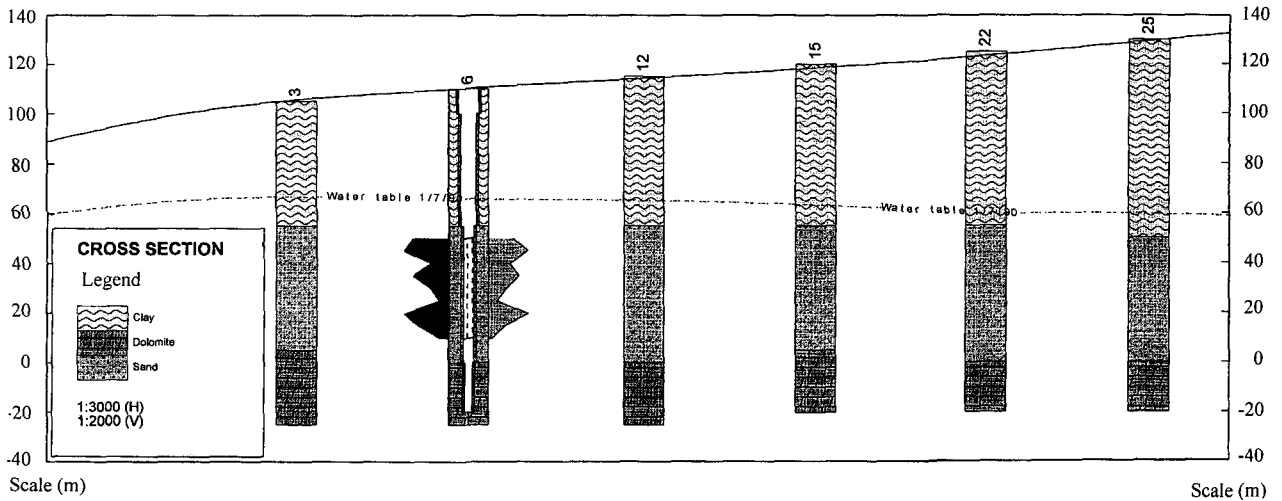


Figure 4. An example of a lithologic cross section drawn from the well-log data base.

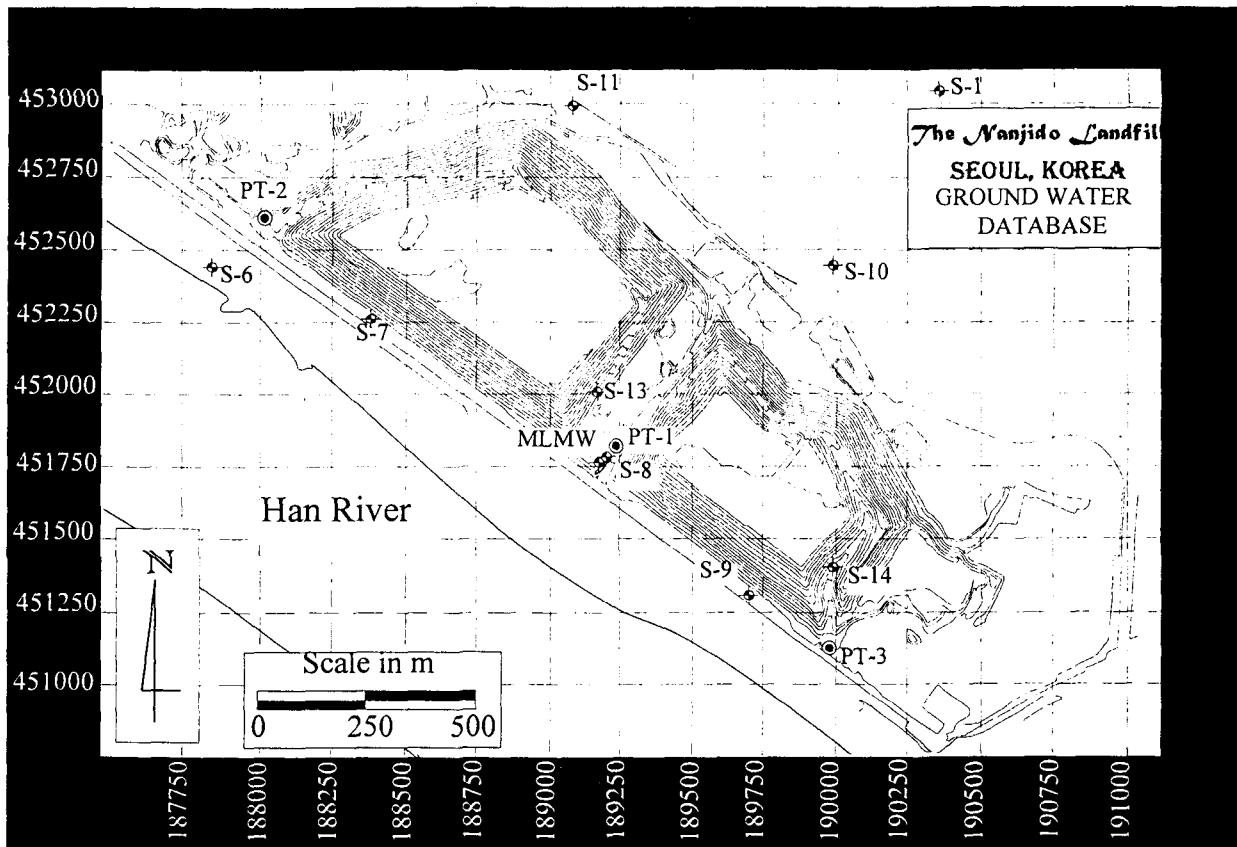


Figure 5. Elevation and well location map of the Nanjido Landfill site in Seoul.

도를 선택적으로 출력 할 수 있다(Figure 7).

입자크기 분포 곡선의 적용(Grain Size Distribution Curves)

착정시 토양이나 암편을 체분적으로 모은 자료를 자료를 구축한다. 입상의 자료로부터 입자크기 분포 곡선으로부터 정보를 얻을 수 있다(Figure 8). 이것이 중요한 자료의 한 부분이 되

기 위해서는 지하수 대수층에 관한 종합적인 해석이 가능하게 Atteberg limits, water content, cohesion, friction angle 등에 관한 데이터가 필요하며, 수리지질학적 자료, 토양도, 지구조적인 자료들이 보충되면 지하수 대수층에 관한 종합적인 해석이 가능하게 된다. Hazan, Kozeny, Terzaghi, Slichter, Zamarin과 U.S. Bureau of Reclamation의 공식으로부터 수리 전도도 및 투수량 계수를 계산할 수 있다.

Well Ident	Description		
1			
A	B	p	Efficiency (%)
141.4	5200	2.00	63.95

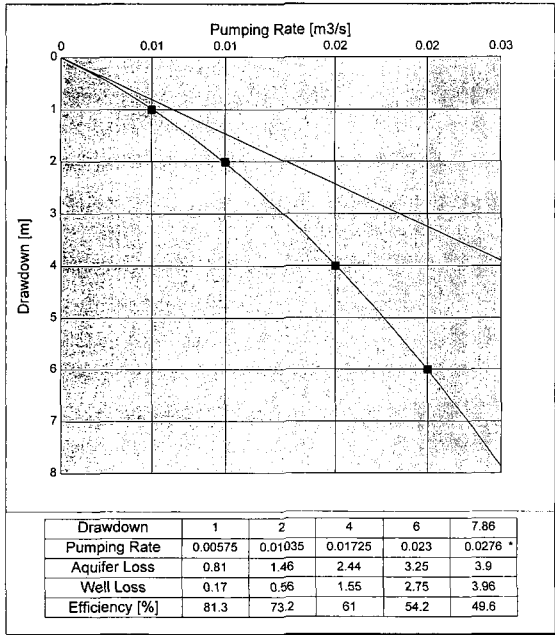


Figure 6. An example of a step-drawdown test analysis.

Ident	Description		
1			
X	Y	Ground Surf. Elev.	Measuring Pt. Elev.
0	0	112.00	112.30

Aquifer

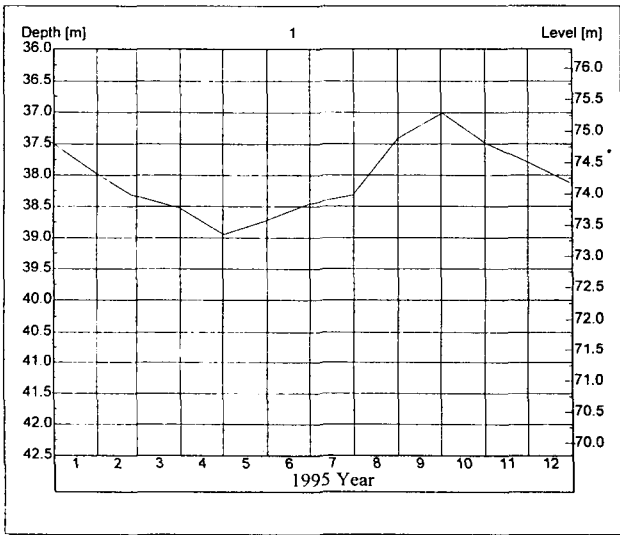
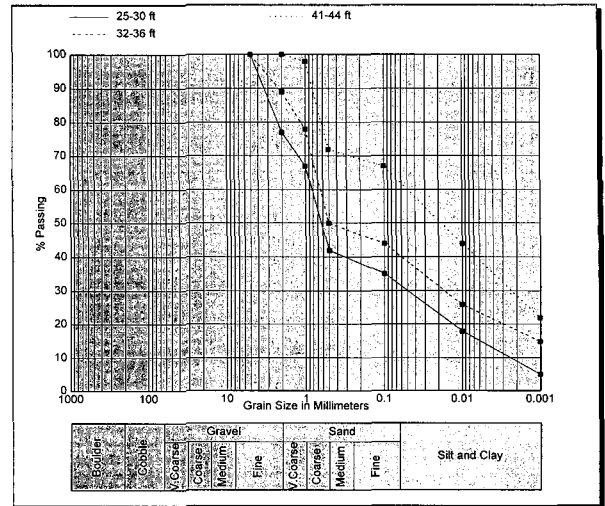


Figure 7. An example of a hydrograph reporting form.

결 언

GWW는 지하수 자료 구축에 사용자 위주로 짜여진 Windows에서 구동되는 소프트웨어이다. 암석, 화학 분석 자료, 지

Well Ident	Name
MW-1	Monitoring well in Corozo Pando



Sieve Sizes [mm]	25-30 ft	32-36 ft	41-44 ft
0.001	5.00	15.00	22.00
0.010	18.00	26.00	44.00
0.100	35.00	35.00	67.00
0.500	42.00	50.00	72.00
1.000	67.00	78.00	98.00
2.000	77.00	89.00	100.00
5.000	100.00	100.00	

Figure 8. An example of a grain-size distribution curve from sieving on drilled samples.

하수위, 양수시험, 입도분석 자료 등을 이용하여 지하수의 오염 정도를 평가하고 지하수계의 시간적 변화 등을 그래프로 잘 보여준다. 특히 모니터상에서의 화면출력을 프린트로 바로 보낼 수도 있다. 디지털이징을 한 백터 파일의 용량이 많아질 때는 CPU의 속도가 빠른 컴퓨터 일수록 용이하다.

지리정보 시스템의 지도의 좌표축에 의한 자료의 값과 지도 상의 위치가 일치하게 되며 많은 양의 지하학적 자료와 각종 수리지질학적 자료구축에 기본이 되는 분석들을 가능하게 하여준다. 그리고 보고서 형식에 적합한 결과표를 잘 보여준다. PC Windows 상에서 광역적, 국지적 지하수계와 관련된 자료 입력, 출력, 저장, 분석 할 수 있는 소프트웨어이다.

사 사

GWW Software 에 대해 설명해 주고, 개발 진도에 대한 정보를 제공해 준 Karanjac 박사에게 감사 드린다.

참고문헌

Karanjac, J., and D. Braticevic. 1995, Groundwater Software for Windows "User's Manual", United Nations, New York.