

دانشگاه صنعتی شاهرود

-

:

:

:

()

c

/

.

/ °

-

.

.

.

.

/

-

.

.

.

.

.

:

.

- -

- -

- -

- -

- -

- - -

- - -

- - -

- - -

- -

- - -

- - -

- - -

- - -

- - -

- - -

- -

- - -

- - -

- - -

- - -

- - -

- - -

- - -

- - -

- -

- - -

- - -

- - -

- - -

- - -

- - -

- -

- -

- -

- -

- -

- - -

- - -

- - -

- - -

- -

- - -

- - -

- -

- -

- -

- -

- - -

- - -

- - 3

- -

- -

- -

- -

- -

- -

- - -

(T)

(S)

-	-	-
	-	-
	-	-
	-	-
-	-	-
	-	-
-	-	-
-	-	-
	-	-
-	-	-
-	-	-
	-	-
-	-	-
	-	-
	-	-
-	-	-
-	-	-
	-	-
	-	-
-	-	-
-	-	-

— — — —

— — — —

— — — —

— — — —

— —

— —

— —

— —

— — —

(TDS) - - -

— — —

— — —

— — —

— — —

— — —

— —

— —

— —

— —

— —

1. -

2. -

3. -

4. -

5. -

6. -

7. -

8. -

9. -

10. -

11. -

12. -

13. -

14. -

15. -

16. -

17. -

18. -

19. -

() . -

1

—

I **—**

• —

• —

1

1

I **-**

1. —

1. 2.

1

1

I **—**

1.

—

I **—**

1

1

1

I **—**

1

I **-**

TDS

. -

. -

. -

. -

. -

. -

. -

. -

. -

. -

. -

. -

. -

. -

. -

. -

. -

. -

TDS

— —

—

1

1

1

1

1

1

1

1. —

• —

1

—

—

—

—

1. **Introduction**

1. —

• —

1

—

—

—

TDS

. -
. -
. -
. -
. -

- -

.

.

(/)

/

/ .

/ /

.

.(Shaw, 1994)

.

.

.

.()

.

)

.(Todd, 2005)

.()

()

.()

/ / /

- -

()

,

,

,

,

,

,

...

,

- -

’ ” ° ’ / ” ° ’ / ”

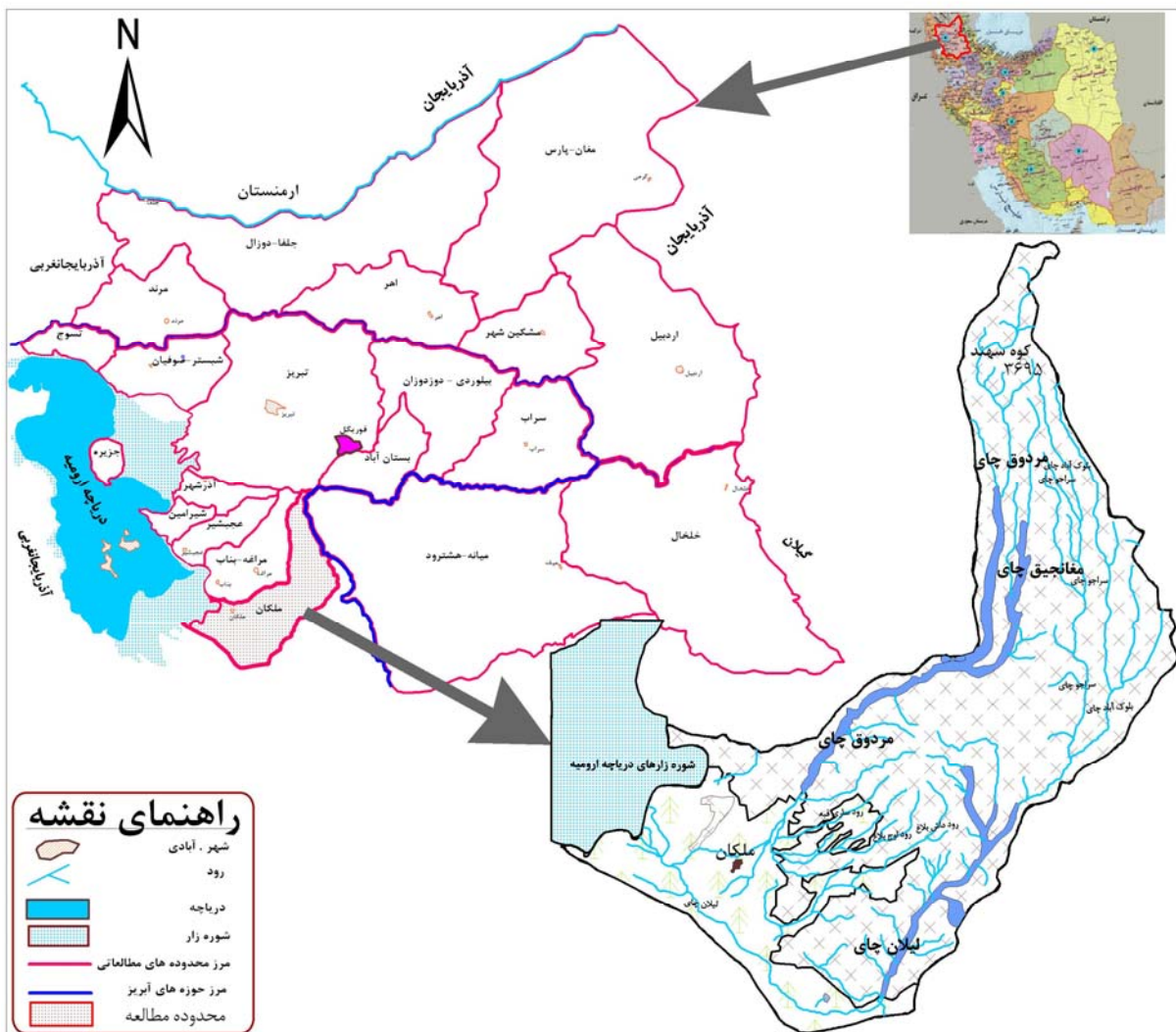
° ’ ” °

,

.(-)

,

,



- -

() .
()

.
()

- -

.

- - -

.

.

.(Bouwer, 1978)

.

.

Davis &)

/

.(Dewiest, 1966

- - -

.()

.

(Soil water zone)

.

.()

Stuyzand,)

.(1992

.(Todd, 2005)

.()

.

(Capillary zone)

.

.

.()

:

CO₂

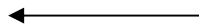
-

-

.(Schwartz & Hubao Zabany, 2003)

.(Bouwer, 1987)

Ba, Sr, Ca, Mg, He, Cs, Rb, NH₄⁺, K, Na, Li

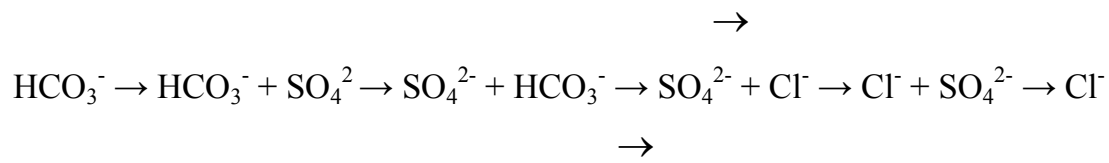


.(Bouwer, 1987)

.(Fetter, 1990)

Total Dissolved) TDS

(Solid



Shaw,)

Chebotarev (1994)

:

:(The upper zone) -

TDS HCO_3^-

:(The intermediat zone) -

TDS

:(Lower zone) - -

TDS Cl^-

SiO_2 Li^+ Mg^{2+} I^- Br^- Ca^{2+} (Magmatic water)

Davis &) SO_2 S B F^-
(Dewiest, 1966

- - -

(Fetter, 1990)

Davis)

.(& Dewiest, 1966

.() (TDS)

-

.

Cl^-

.(Bouwer, 1978)

.()

TDS

.

.

.

CO_2

pH

.(Todd, 2005)

(Hardness)

.

. SO_4^{2-} Mg^{2+} Ca^{2+} HCO_3^-

(Leaching)

Cl Na

SiO_2

.(Bouwer, 1978)

.

.()

pH
F⁻ SO₄²⁻ Fe²⁺

.(Fetter, 1988)

TDS

.(Davis & Dewiest, 1966)

()

(H₂S)

.()

- -

:

()

-

()

-

-

-

—

■

(Solution)

— — —

TDS

$$\text{CO}_2$$

■

■

(Mineralogy changing)

— — —

•

•

(Ion exchange)

— — —

$$\text{Na}^+ \quad \text{Mg}^{2+} \quad \text{Ca}^{2+}$$

1

•

•

■

(Reverse ion exchange)

— — —

)

(

)

.(

$$\text{CaCl}_2$$

1

(Sulfate reduction)

- - -



(Pyrite oxidation)

- - -

pH

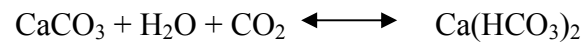
pH

.(Hounslow, 1995)

(Ferrous)

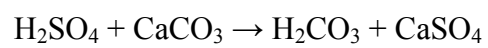
- -

- - -



.(Bouwer, 1978)

/ pH



()

(/)

-(Karanth, 1987)

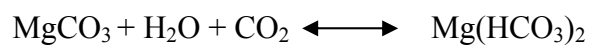
()

Davis & Dewiest,)

.(1966

.()

- - -



()

.(Karanth, 1987)

()

.(Stuyzand, 1992)

- - -

.

.(Bouwer, 1978)

()

.

.()

.(Bouwer, 1978)

.

.()

,

- - -

()

.

.

.

/ /

.

.()

- - -

pH

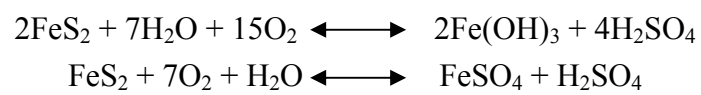
/ pH (H₂CO₃) / pH : ()
 (CO₃²⁻) / pH (HCO₃⁻) /

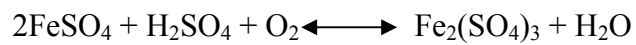
.(Karanth, 1987)

- - -

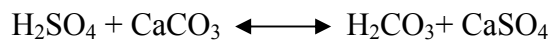
()

:()



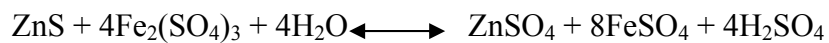
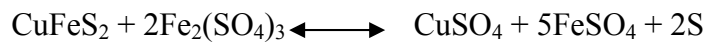


:



()

:



.

,

,

,

.(Hem, 1985)

.

.

)

.

(

- - -

.

.

.(Bouwer, 1978)

.

.(

)

.

- -

. - .

(TDS)

.(Todd, 2005)

TDS

(Todd, 2005) TDS

.(-)

	()
	-
	-
	-
	>

(Todd, 2005)

- - -

.

.

- - -

.

.

.

.(Sikdar et.al, 2001)

Hando

- - -

Cl⁻

(KCl)

(NaCl)

.(Freeze & Cherry, 1979)

SO₄²⁻

- - -

.(Custodio and Bruggeman, 1987)

Todd)

TDS

.(& OMc Nulty, 1976

- - -

- - -

.

.

.

.()

()

.(Chassemi et.al, 1993)

- -

.

.

.()

.

.

- -

.

(Todd, 2005) :

-

-

-

-

- -

.

"

)

° ' / " ° ' / " ° ' " ° ' ,

(

:

:

:

.

.

(-)

.

:

- -

-

)

-

.

-

.(

()

-

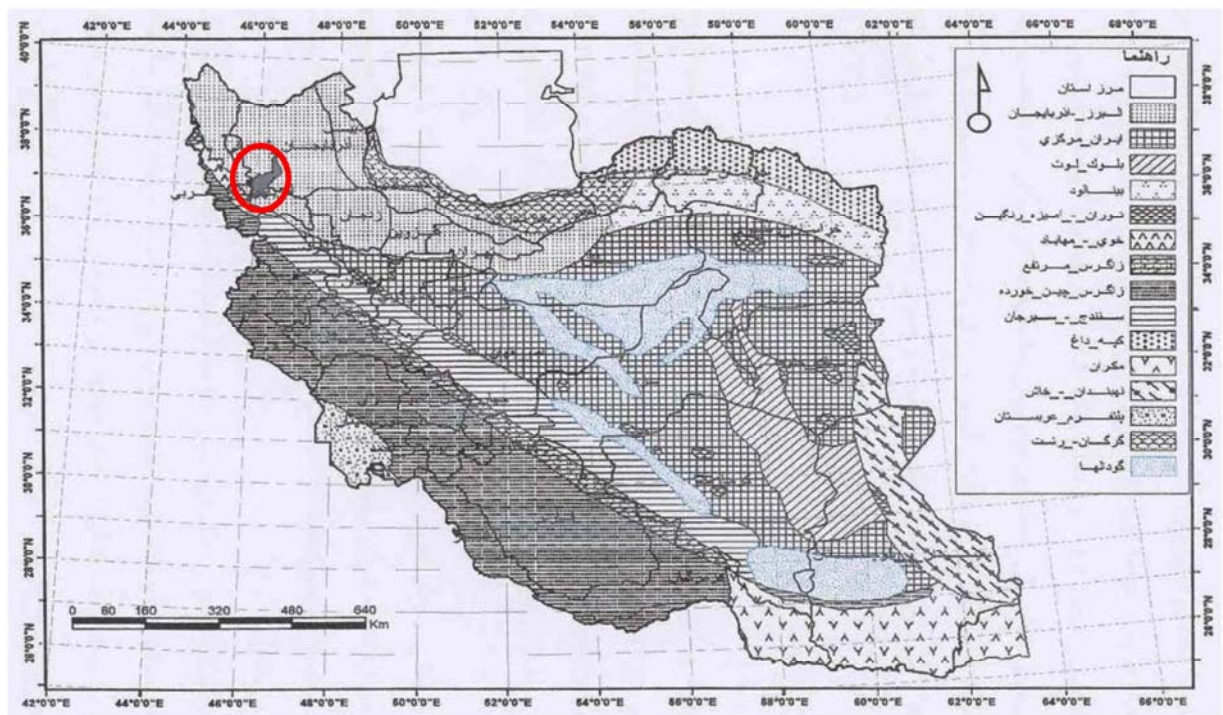
()

()

-

.(-)

-



()

-

راهنما

MIOCENE PLIOCENE-QUATERNARY	Qa1 Qs	آبرفت جوان. باتلاق نمکی	
	Qt2	رسوبات مخروط افکنه ای و پادگانه ای جوان	
	Qt1	رسوبات مخروط افکنه ای و پادگانه ای قدیمی	
	Qtr	تراورتن	
MIOCENE	Nd a2	داسیت و سنگهای اسیدی همراه آن	
	P1t	توف و سنگ رس با لایه های حاوی استخوان	لایه های استخوان دار مراغه
	MP3	خاکستر آتشفشانی همراه با سنگهای آذرآواری . کنگلومرا و ماسه سنگ	
	MP2	خاکستر آتشفشانی همراه با سنگهای آذرآواری	
	Md a1	داسیت همراه با سنگهای اسیدی	
EOCENE	EKt	توف سبز	سازند کرج
	EKv	آتشفشانی. اغلب آندزیتی	
CRETACEOUS	K1s K1v	آتشفشانی بازیک. E1v. شیل . ماسه سنگ . ماسه سنگ کوارتزیتی	
	K1i	سنگ آهک اوربیتولین دار	
	K1c	ماسه سنگ و کنگلومرای پایه ای	
	JK	تریاس بالایی-ژوراسیک پایینی تفکیک نشدهjk	
	J1	سنگ آهک چرتی توده ای و سنگ آهک دولومیتی	
	Jd	مارن . سنگ آهک مارنی . آمونیت جهت یافته	
	Js	شیل . ماسه سنگ . عدسی های رسی . پی سنگ لاتریتی	
TRI.A.	TRe	دولومیت توده ای با لایه های نازکی از سنگ آهک	
CAMB.	Cm	ماسه سنگ . شیل . سنگ آهک دولومیتی	
	Cl	ماسه سنگ قرمز . تاپ کوارتزیت سفید	
INFRACAMB.	Cbt	شیل و دولومیت میکادار قرمز تا صورتی رنگ	
	Cs	دولومیت توده ای . شیل نمکی	سازند دولومیت
			شهرستان

() :

- -

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

- - -

.

.

-

.

.

-

.

()

.

.

.

.

.

- - -

.

.

-

.

.

.

.

.

WNW-SSE

/



JK

- - -

-

-

()

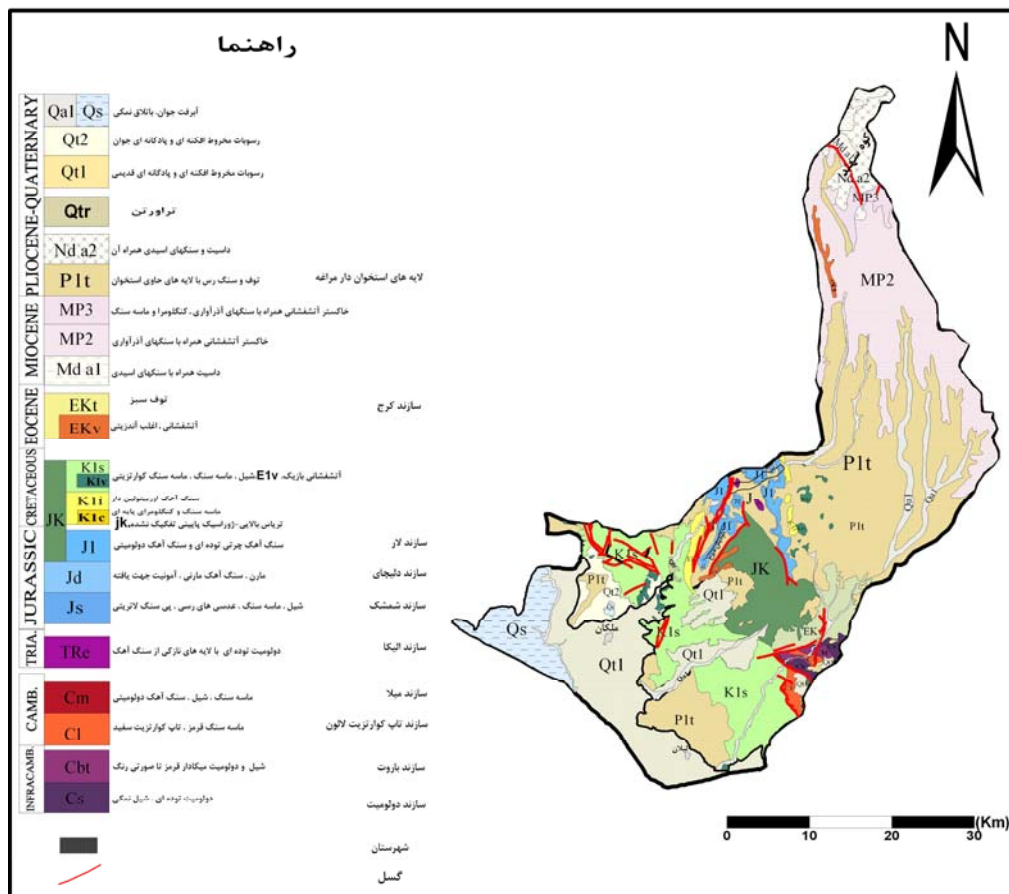
EK1

/

/

)

.(()



فصل سوم

هیدرولوژی و هواشناسی منطقه

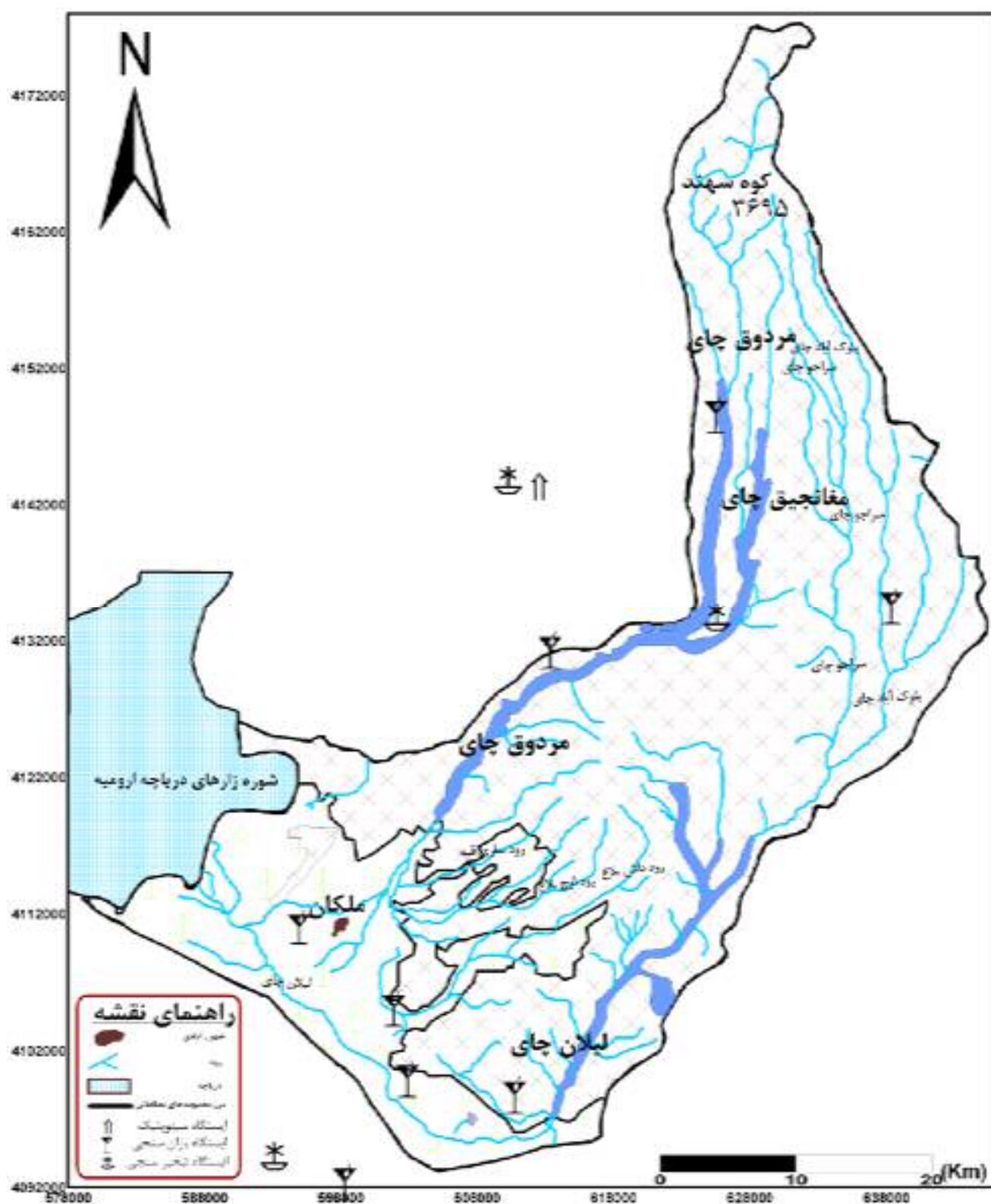
مورد مطالعه

۳ - ۱ - مقدمه

بارش های جوی، منبع اصلی کلیه آبهای سطحی و زیرزمینی می باشد. به دلیل تأثیر پایه ای عوامل آب و هوایی بر تغییرات کمی و کیفی آبها، مطالعات هواشناسی و اقلیم در کنار کلیه مطالعات مرتبط با آبهای سطحی و زیرزمینی ضروری می باشد.

کشور ایران در یک سرزمین خشک و نیمه خشک واقع شده به طوری که میانگین بارندگی سالانه آن (۲۵۰ میلی متر) کمتر از یک سوم میانگین بارندگی کره زمین (۸۵۰ میلی متر) است. علاوه بر این توزیع زمانی و مکانی ریزش های جوی با نیازهای کشاورزی که مصرف کننده اصلی آب می باشند مطابقت ندارد. خشکی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و باید راهکارهای سازگاری با آن را جستجو نمود. یکی از راه های سازگاری با خشکی استفاده بهینه از منابع آب است. باید سعی کرد که تا حد ممکن از ریزش های جوی، جریان آبهای سطحی و منابع آبهای زیرزمینی به نحو مطلوب استفاده شود. این کار با شناخت صحیح و دقیق عوامل مؤثر بر شرایط پدیده های هیدروژئولوژیکی عملی خواهد شد.

به منظور ارزیابی اثرات آب و هوایی ناحیه مورد مطالعه از آمار پنج ایستگاه باران سنجی ملکان، قشلاق امیر، شیرین کندی، گلستان سفلی و پل ممیدیل و ایستگاه تبخیرسنجی مغانجیق استفاده شده است. همچنین به منظور تجزیه و تحلیل آمار هواشناسی از آمار ایستگاه های هواشناسی مجاور محدوده مطالعه نیز استفاده شده است. در نقشه شماره ۳-۱ موقعیت ایستگاه های مذکور نشان داده شده است.



شکل ۳ - ۱. ایستگاه های هواشناسی محدوده ملکان

۳ - ۲ - دمای منطقه

برای بررسی دمای منطقه علاوه بر آمار ایستگاه تبخیرسنجی مغانجیق در داخل محدوده از آمار ایستگاه های مجاور محدوده مورد مطالعه نیز استفاده شده است. در جدول ۳ - ۱ تغییرات درجه حرارت به صورت ماهانه و پارامترهای آمار دما شامل حداکثر مطلق، میانگین حداکثرها، متوسط، میانگین حداقل ها و حداقل مطلق در طول دوره آماری (۳۳ سال)، ارائه شده است. همچنین در این جدول دمای متوسط سالانه ایستگاه ها نوشته شده است. طبق این جداول کمترین درجه حرارت متوسط سالانه در ایستگاه مغانجیق ۱۰/۷ درجه سانتی گراد و بیشترین مقدار درجه حرارت متوسط سالانه در ایستگاه سینوپتیک مراغه ۱۲/۹ درجه سانتی گراد می باشد.

۳ - ۳ - گرادیان حرارتی

مقادیر متوسط درجه حرارت، میانگین حداکثر و میانگین حداقل های سالانه دما با ارتفاع ایستگاه ها در جدول شماره ۳ - ۲ درج شده است. با توجه به مندرجات این جداول رابطه همبستگی دمای متوسط سالانه، دمای میانگین حداکثر سالانه، دمای میانگین حداقل سالانه با ارتفاع ایستگاه ها به صورت زیر محاسبه گردیده است:

$T_{mean} = - ۰/۰۰۸۳ H + ۲۴/۳۸۴$	$r = ۰/۹۲$	۱ - ۳
$T_{max} = - ۰/۰۰۵۶ H + ۲۶/۵۷$	$r = ۰/۸۹$	۲ - ۳
$T_{min} = - ۰/۰۱۰۸ H + ۲۱/۹۵۷$	$r = ۰/۸۴$	۳ - ۳

T_{mean} : درجه حرارت متوسط سالانه بر حسب درجه سانتی گراد

T_{max} : متوسط درجه حرارت حداکثر سالانه بر حسب درجه سانتی گراد

T_{min} : درجه حرارت متوسط حداقل سالانه بر حسب درجه سانتی گراد

H: ارتفاع بر حسب متر

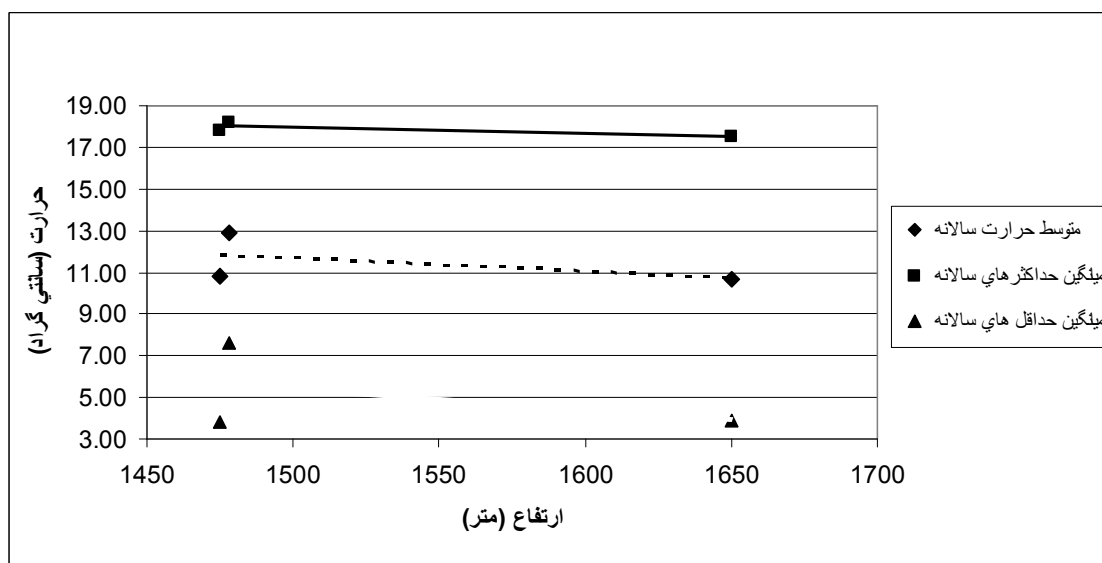
در شکل ۳ - ۲ نمودارهای تغییرات دما با ارتفاع ترسیم گردیده است.

جدول ۳ - ۱ تغییرات درجه حرارت (درجه سانتی گراد) و رژیم حرارتی ایستگاه های محدوده ملکان

ایستگاه	آقاری	مشخصات	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
مغانچین	حداکثر مطلق	۳۰	۲۴	۲۰	۱۶	۱۹	۱۹	۱۹	۳۵	۳۸	۳۶	۳۹	۳۹	۳۸	۳۹
	میانگین حداکثرها	۲۰/۵	۱۳/۵	۷/۶	۳/۶	۳/۲	۷/۹	۱۵/۱	۲۱/۷	۲۷/۲	۳۰/۶	۳۱	۲۸/۱	۱۷/۵	
	متوسط	۱۳/۱	۷/۷	۲/۴	-۱/۶	-۱/۸	۲/۷	۹/۴	۱۴/۴	۱۸/۴	۲۱/۹	۲۲/۸	۱۹	۱۰/۷	
	میانگین حداقل ها	۵/۶	۱/۸	-۲/۹	-۶/۷	-۶/۸	-۲/۶	۳/۷	۷	۹/۶	۱۳/۲	۱۴/۵	۹/۸	۳/۹	
	حداقل مطلق	-۲	-۱۱	-۱۹	-۲۲	-۲۰	-۱۶	-۱۱	-۳	-۲	۳	۶	۲	-۲۲	
مراغه نیلوفر سبزی	حداکثر مطلق	۳۵	۲۸/۵	۲۵	۱۶/۵	۱۶/۵	۱۶/۵	۱۸/۵	۲۷/۵	۳۵	۳۳/۸	۳۹	۴۲/۵	۳۷	۴۲/۵
	میانگین حداکثرها	۲۲/۵	۱۴/۸	۸/۲	۳/۹	۴	۷/۱	۱۴/۹	۱۹/۲	۲۵/۹	۳۱/۱	۳۲/۵		۱۷/۸	
	متوسط	۱۴/۷	۸/۴	۲/۶	-۱/۷	-۲/۲	۱/۱	۸/۵	۱۲/۶	۱۷/۹	۲۲/۹	۲۴	۲۰/۶	۱۰/۸	
	میانگین حداقل ها	۶/۹	۱/۹	-۳/۱	-۷/۲	-۸/۴	-۵	۱/۲	۶	۹/۸	۱۴/۶	۱۵/۴	۱۲	۳/۸	
	حداقل مطلق	-۴/۵	-۱۴/۵	-۲۲	-۲۷	-۲۹	-۲۵/۵	-۱۰/۵	-۵۷	۰/۵	۳/۵	۴/۵	۰/۵	-۲۹	
مراغه سینوپتیک	حداکثر مطلق	۳۰/۲	۲۱/۶	۲۰/۴	۱۶/۲	۱۷/۴	۲۲/۶	۲۷/۸	۳۳	۳۷/۴	۳۹/۲	۳۹/۸	۳۶/۶	۳۹/۸	
	میانگین حداکثرها	۲۰/۲	۱۲/۲	۵/۸	۳/۴	۵	۹/۷	۱۶/۹	۲۲/۵	۲۸/۸	۳۲/۹	۳۲/۵	۲۸/۱	۱۸/۲	
	متوسط	۱۴/۵	۷/۸	۲/۳	-۰/۲	۱/۱	۵/۲	۱۱/۷	۱۶/۵	۲۲/۲	۲۶/۴	۲۵/۹	۲۱/۳	۱۲/۹	
	میانگین حداقل ها	۸/۸	۳/۴	-۱/۲	-۳/۸	-۲/۹	۰/۷	۶/۴	۱۰/۵	۱۵/۶	۱۹/۸	۱۹/۲	۱۴/۵	۷/۶	
	حداقل مطلق	-۰/۶	-۸/۴	-۱۴	-۱۵/۶	-۱۶/۸	-۱۶/۴	-۳/۶	۱	۸	۱۱	۱۱/۶	۵/۴	-۱۶/۸	

جدول ۳ - ۲. پارامترهای درجه حرارت دراز مدت سالانه در ایستگاه های ملکان و مناطق مجاور

نام ایستگاه	متوسط درجه حرارت سالانه C^0	میانگین حداکثرهای سالانه C^0	میانگین حداقل های سالانه C^0	ارتفاع ایستگاه m	نوع ایستگاه
مغانجیق	۱۰/۷	۱۷/۵	۳/۹	۱۶۵۰	تبخیر سنجی
مراغه	۱۰/۸	۱۷/۸	۳/۸	۱۴۷۵	تبخیر سنجی
مراغه	۱۲/۹	۱۸/۲	۷/۶	۱۴۷۷/۷	سینوپتیک



شکل ۳ - ۲. نمودار تغییرات متوسط، میانگین حداکثر و میانگین حداقل درجه حرارت سالانه با ارتفاع در ملکان

۳ - ۴ - بارندگی

بارندگی از اساسی ترین پارامترهای هواشناسی بوده و بیشترین نقش را در شکل گیری منابع آب هر منطقه دارد. توده های هوایی متأثر کننده محدوده از شمال غرب کشور وارد می شود و به علت تمرکز، سیستم پرفشار از اوایل تیر ماه تا آخر شهریور ماه رخ می دهد. فصل بهار پر باران ترین فصل بعد از آن فصل زمستان بیشترین بارندگی را دارد. در جدول ۳ - ۳ آمار بارندگی سالانه ایستگاه های منطقه مورد مطالعه بر حسب میلی متر آورده شده است. با توجه به این جدول بیشترین مقدار بارندگی سالانه ۳۵۱/۴ میلی متر مربوط به ایستگاه قشلاق امیر و کمترین مقدار بارندگی متوسط سالانه ۲۷۰/۴ میلی متر مربوط به ایستگاه ملک کندی می باشد.

جدول ۳ - ۳. مقادیر بارندگی سالانه ایستگاه های باران سنجی در محدوده ملکان

سال آبی	مغانجیق	ملک کندی	قشلاق امیر	شیرین کندی	گلستان سفلی	ملکان	گرددده
۱۳۵۰-۱۳۵۱	۳۶۹	۳۱۱/۵	۳۹۲	۳۷۵/۸	-	-	-
۱۳۵۱-۱۳۵۲	۳۰۸/۵	۳۳۵	۳۴۸/۶	۲۴۷/۹	-	-	-
۱۳۵۲-۱۳۵۳	۴۲۵/۸	۳۳۴	۴۴۶	۳۰۱/۹	-	-	-
۱۳۵۳-۱۳۵۴	۲۵۲	۲۰۴/۵	۳۹۹/۵	۲۱۵/۶	-	-	-
۱۳۵۴-۱۳۵۵	۲۶۶	۲۸۳/۶	۴۸۵/۵	۲۵۳/۹	-	-	-
۱۳۵۵-۱۳۵۶	۳۱۲/۲	۳۰۸/۷	۲۸۸	۳۲۵/۵	-	-	-
۱۳۵۶-۱۳۵۷	۲۲۹/۹	۳۵۹/۲	۴۲۳/۵	۳۱۲/۹	-	-	-
۱۳۵۷-۱۳۵۸	۲۳۱/۱	۳۵۷/۴	۳۹۱	۳۲۵/۲	-	-	-
۱۳۵۸-۱۳۵۹	۲۴۷	۲۳۵/۹	۳۳۴	۲۲۲/۸	-	-	-
۱۳۵۹-۱۳۶۰	۳۹۵	۴۱۲/۹	۴۶۴	۴۰۱/۶	-	-	-
۱۳۶۰-۱۳۶۱	۳۱۲/۵	۳۳۵/۵	۳۳۹	۳۴۴/۶	-	-	-
۱۳۶۱-۱۳۶۲	۳۶۷	۲۷۸/۸	۳۰۲/۵	۲۸۵	-	-	-
۱۳۶۲-۱۳۶۳	۲۶۳/۵	۲۶۰/۴	۳۷۳/۱	۲۶۴/۶	-	-	-
۱۳۶۳-۱۳۶۴	۳۲۳	۳۱۵/۷	۳۶۰/۱	۳۴۴/۵	-	-	-
۱۳۶۴-۱۳۶۵	۳۱۱	۳۱۸/۵	۳۴۵/۵	۴۲۴	-	-	-
۱۳۶۵-۱۳۶۶	۲۷۸	۱۷۵/۴	۲۸۱/۵	۲۸۰/۲	-	-	-
۱۳۶۶-۱۳۶۷	۵۱۹	۴۹۳/۳	۵۲۳/۵	۴۷۸/۳	-	-	-
۱۳۶۷-۱۳۶۸	۱۷۴	۱۶۴/۱	۲۴۳/۵	۲۴۵/۹	-	-	-
۱۳۶۸-۱۳۶۹	۳۲۸/۵	۳۰۲/۵	۲۶۷	۲۹۹/۸	-	-	-
۱۳۶۹-۱۳۷۰	۳۱۴	۹۴/۵	۲۶۹	۲۹۰/۲	-	-	-
۱۳۷۰-۱۳۷۱	۴۴۱/۵	۲۴۹/۴	۴۲۲/۵	۴۰۷/۲	-	-	-
۱۳۷۱-۱۳۷۲	۳۸۲	۳۹۱/۲	۴۰۱/۳	۴۵۵/۱	-	-	-
۱۳۷۲-۱۳۷۳	۴۶۸	۱۹۸/۸	۳۷۷	۳۹۲/۵	-	-	-
۱۳۷۳-۱۳۷۴	۴۴۳	۳۸۳	۶۹۸/۵	۴۷۳/۶	-	-	-
۱۳۷۴-۱۳۷۵	۴۵۴	۲۵۱	۳۱۶/۸	۲۸۶/۲	-	-	-
۱۳۷۵-۱۳۷۶	۳۰۲	۲۵۱/۲	۲۷۲	۲۲۴/۲	-	-	-
۱۳۷۶-۱۳۷۷	۳۶۲/۵	۱۸۱/۴	۲۵۳/۵	۳۰۶/۵	-	-	-
۱۳۷۷-۱۳۷۸	۱۷۰	۹۷/۴	۲۲۹	۱۴۳/۴	-	-	-
۱۳۷۸-۱۳۷۹	۲۱۴/۵	۱۳۴/۹	۲۲۱	۲۵۲/۵	-	-	-
۱۳۷۹-۱۳۸۰	۲۰۷	۱۳۰/۴	۲۱۷/۶	۱۸۶/۷	۱۳۰/۹	-	-
۱۳۸۰-۱۳۸۱	۳۳۱/۸	۲۴۵/۴	۳۳۳/۵	۲۷۳/۹	-	۷۹/۴	۴۹۱/۵
۱۳۸۱-۱۳۸۲	۳۵۱/۸	۷۴۳	۲۱۷	۳۳۴/۵	-	۷۰/۳	۶۲۴/۵
۱۳۸۲-۱۳۸۳	۳۳۶/۵	۲۷۸/۳	۳۴۲/۴	۳۰۸/۳	-	۱۴۷/۶	۲۶۹
میانگین ۳۳ ساله	۳۲۴/۸	۲۷۰/۴	۳۵۱/۴	۳۰۸/۳	-	۱۰۷	۴۶۱/۶

در جدول ۳ - ۴ پارامترهای آماری بارندگی سالانه شامل متوسط، حداکثر، حداقل، انحراف معیار و ضریب تغییرات آورده شده است. بیشترین مقدار ضریب تغییرات بارندگی سالانه مربوط به ایستگاه ملک کندی ۴۶/۱ درصد و کمترین مقدار ضریب تغییرات بارندگی سالانه مربوط به ایستگاه مغانجیق ۲۶/۹ درصد می باشد.

جدول ۳ - ۴. پارامترهای آماری مقادیر بارندگی سالانه از سال ۱۳۵۰ الی ۱۳۸۳ ملکان

نام ایستگاه	متوسط بارندگی سالانه (mm)	حداکثر بارندگی (mm)	حداقل بارندگی (mm)	انحراف معیار	ضریب تغییرات
مغانجیق	۳۲۴/۸	۵۱۹	۱۷۰	۸۷/۴	۲۶/۹
ملک کندی	۲۷۰/۴	۷۴۳	۸۳/۳	۱۲۴/۸	۴۶/۱
قشلاق امیر	۳۵۱/۴	۶۹۸/۵	۱۹۴/۵	۱۱/۷۴	۲۹
شیرین کندی	۳۰۸/۳	۴۸۰/۳	۱۳۸/۶	۸۳/۴	۲۷

۳ - ۴ - ۱ - گرادیان بارندگی

در جدول ۳ - ۵ مقادیر بارندگی سالانه ایستگاه ها و ارتفاع آنها آورده شده است. با توجه به این جدول رابطه گرادیان بارندگی سالانه با ارتفاع در منطقه که شامل محدوده مورد مطالعه می باشد به صورت زیر محاسبه شده است:

$$P = ۰/۳۸۷۳ H - ۲۴۳/۳ \quad r = ۰/۸۹ \quad ۴ - ۳$$

P: بارندگی متوسط سالانه

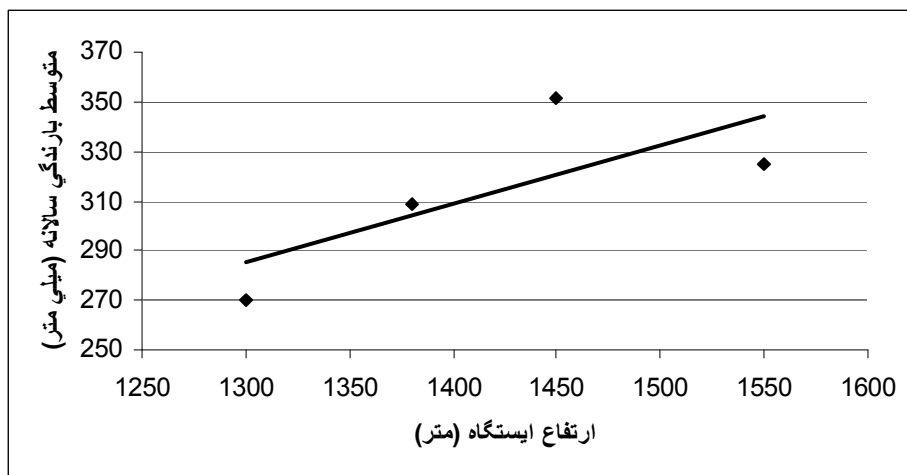
H: ارتفاع بر حسب متر

R: ضریب همبستگی

در این معادله و در شکل ۳ - ۳ همین موضوع یعنی رابطه گرادیان بارندگی با ارتفاع ایستگاه ها نشان داده شده است.

جدول ۳ - ۵. مقادیر بارندگی متوسط و ارتفاع ایستگاه های باران سنجی ملکان

ردیف	نام ایستگاه	متوسط بارندگی سالانه (mm)	ارتفاع ایستگاه (m)
۱	مغانجیق	۳۲۴/۸	۱۵۵۰
۲	ملک کندی	۲۷۰/۴	۱۳۰۰
۳	قشلاق امیر	۳۵۱/۴	۱۴۵۰
۴	شیرین کندی	۳۰۸/۳	۱۳۸۰



شکل ۳ - ۳. نمودار تغییرات بارندگی با ارتفاع در محدوده ملکان

۳ - ۴ - ۲ - بارندگی ماهانه

برای بررسی آمار بارندگی ماهانه در محل مطالعه و مناطق مجاور آمار بارندگی ماهانه در ایستگاه ها جمع آوری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در جدول ۳ - ۶ مقادیر بارندگی ماهانه و درصد توزیع ماهانه بارندگی آورده شده است. با استفاده از این جدول بیشترین مقدار بارندگی ماهانه در ایستگاه پل ممدیل ۹۰/۶ میلی متر مربوط به ماه فروردین و کمترین مقدار بارندگی ماهانه در ایستگاه ملکان مربوط به ماه های مرداد و شهریور صفر میلی متر می باشد. پرباران ترین ماه ها در تمامی ایستگاه ها ماه های فروردین و اردیبهشت و کم باران ترین ماه در تمامی ایستگاه ها ماه های مرداد و شهریور می باشد. با توجه به توزیع ماهانه بارندگی در جدول ۳ - ۶ و با استفاده از توزیع ماهانه بارندگی در ایستگاه های مغانجیق و ملک کندی که به ترتیب معرف ارتفاعات و دشت محدوده

می باشند، مقادیر ماهانه بارندگی در ارتفاعات و دشت محدوده محاسبه و نتایج در جدول ۳ - ۷ آورده شده است.

جدول ۳ - ۶. مقادیر و درصد بارندگی ماهانه در محدوده ملکان

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
بارندگی	بارندگی	بارندگی	بارندگی	بارندگی	بارندگی	بارندگی	بارندگی	بارندگی	بارندگی	بارندگی	بارندگی	بارندگی	بارندگی
	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	
مغانچین	۱۶/۳	۴۸/۹	۳۸/۸	۳۰/۴	۲۷/۳	۳۳/۸	۶۲/۱	۵۹/۷	۱۰/۹	۴/۹	۲/۴	۱/۱	۳۳۶/۵
	۴/۸	۱۴/۵	۱۱/۵	۹	۸/۱	۱۰	۱۸/۴	۱۷/۷	۳/۲	۱/۵	۰/۷	۰/۳	
کندی ملک	۱۲/۶	۲۹/۲	۳۰/۹	۲۶/۳	۲۷/۶	۳۲/۵	۵۱/۶	۴۹/۹	۱۴/۳	۱/۴	۰/۹	۱/۱	۲۷۸/۳
	۴/۵	۱۰/۵	۱۱/۱	۹/۵	۹/۹	۱۱/۷	۱۸/۵	۱۷/۹	۵/۱	۰/۵	۰/۳	۰/۴	
امیر قشلاق	۱۶/۳	۳۹/۴	۴۱/۷	۳۰/۴	۲۷/۶	۴۶	۶۵/۵	۵۸/۳	۱۳/۴	۱/۲	۰/۸	۰/۹	۳۴۲/۴
	۴/۸	۱۱/۵	۱۲/۲	۸/۹	۸/۱	۱۳/۴	۱۹/۱	۱۷	۳/۹	۰/۶	۰/۲	۰/۳	
کندی شیرین	۱۴	۳۶/۳	۳۸/۷	۲۸/۱	۲۷/۴	۳۹	۵۷/۹	۵۱/۳	۱۲/۷	۰/۴	۱/۲	۱/۳	۳۰۸/۳
	۴/۵	۱۱/۸	۱۲/۶	۹/۱	۸/۹	۱۲/۷	۱۸/۸	۱۶/۶	۱/۴	۰/۱	۰/۴	۰/۴	
کرده	۱۲	۳۱/۳	۳۵/۵	۲۵/۴	۲۳/۵	۴۱/۸	۴۷/۵	۳۹/۴	۷/۴	۳/۶	۰/۶	۱/۱	۲۶۹
	۴/۵	۱۱/۶	۱۳/۲	۹/۴	۸/۷	۱۵/۵	۱۷/۷	۱۴/۶	۲/۷	۱/۳	۰/۲	۰/۴	
ملکان	۰/۶	۱۴/۶	۱۷/۵	۱۸/۸	۷	۱۶/۱	۲۹/۶	۳۳/۷	۷/۹	۱/۸	۰	۰	۱۴۷/۶
	۰/۴	۹/۹	۱۱/۹	۱۲/۷	۴/۷	۱۰/۹	۲۰/۱	۲۲/۸	۵/۴	۱/۲	۰	۰	

جدول ۳ - ۷. متوسط بارندگی ماهانه در ارتفاعات و دشت محدوده ملکان

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
ارتفاعات	۱۶/۳	۴۸/۹	۳۸/۸	۳۰/۴	۲۷/۳	۳۳/۸	۶۲/۱	۵۹/۷	۱۰/۹	۴/۹	۲/۴	۱/۱	۳۳۶/۵
دشت	۱۲/۶	۲۹/۲	۳۰/۹	۲۶/۳	۲۷/۶	۳۲/۵	۵۱/۶	۴۹/۹	۱۴/۳	۱/۴	۰/۹	۱/۱	۲۷۸/۳

۳ - ۵ - تبخیر

برای تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل روش های مختلفی از جمله روش پن من، پلانی کریدل و تورنت وایت وجود دارد. در این مطالعه برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل از روش های پن من و تورنت وایت استفاده شده است. مقادیر محاسبه شده تبخیر از روش های فوق برای ارتفاعات و دشت در جدول ۳ - ۸ آورده شده است.

جدول ۳ - ۸. برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل (میلی متر) به روش های پنمن - مانتیث و تورنت وایت در محدوده

ملکان

سالانه	تبخیر	مقدار	دشت	ارتفاعات	ارتفاعات	ارتفاعات	ارتفاعات	ارتفاعات	ارتفاعات	ارتفاعات	ارتفاعات	ارتفاعات	ارتفاعات	ارتفاعات
۹۹۵/۴	۱۱۲/۲۲	۱۵۸/۷۲	۱۶۴	۱۴۲/۶	۱۱۲/۲۲	۷۸/۴۳	۴۸/۷۲	۳۰/۹	۲۲/۲	۲۳/۴	۲۵/۴	۶۶/۶	پنمن - مانتیث	ارتفاعات دشت
۶۰۵	۸۲	۱۱۳	۱۱۵	۹۳	۷۰	۴۰	۹	۰	۰	۷	۲۵	۵۱	تورنت وایت	ملکان
۱۱۲۱	۱۳۶/۴	۱۸۴/۱	۱۹۱	۱۶۱/۸	۱۲۰/۹	۸۰/۹	۴۷/۹	۲۹/۱	۲۰/۴	۲۵/۲	۴۱/۴	۸۱/۹	پنمن - مانتیث	دشت
۷۷۹	۱۱۳	۱۶۳	۱۶۳	۱۱۸	۷۷	۳۹	۸	۰	۰	۸	۳۰	۶۰	تورنت وایت	ملکان
۱۰۰۲/۸	۱۱۵/۶	۱۵۸/۷	۱۶۴/۶	۱۴۳/۸	۱۱۱/۹	۷۷/۸	۴۸/۴	۳۰/۳	۲۱/۹	۲۳/۴	۳۶/۶	۶۹/۶	پنمن - مانتیث	کل ارتفاعات محدوده
۶۲۵	۸۶	۱۱۸	۱۱۹	۹۴	۶۹	۳۹	۱۰	۰	۰	۸	۲۷	۵۵	تورنت وایت	ملکان

برای بررسی تبخیر از سطح طشتک تبخیر از مقادیر ماهانه در ایستگاه های محدوده و مناطق مجاور استفاده شده است. به دلیل یخ بستن سطح تشت تبخیر در ماه های سرد سال اندازه گیری در این ماه ها دقیق نبوده بنابر این با استفاده از رابطه همبستگی بین تبخیر با دما مقادیر تبخیر در ماه های سرد سال (آذر، دی، بهمن و اسفند) محاسبه و نتایج آن در جدول ۳ - ۹ آورده شده است. مقادیر تبخیر از سطح آزاد آب با اعمال ضریب ۷۵٪ در مقادیر تبخیر از تشت برای سال ۸۲-۸۳ محاسبه و در جدول ۳ - ۱۰ آورده شده است (فرسپند آب، ۱۳۸۵).

جدول ۳ - ۹. توزیع ماهانه تبخیر (میلی متر) از تشت در ایستگاه های داخل و خارج محدوده ملکان

نام ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
مغانجیق	۱۵۹	۶۵/۳	۴۵/۶	۴۲/۱	۴۱/۹	۴۵/۸	۱۰۱	۱۶۴	۲۴۷/۴	۳۰۶	۳۲۸/۹	۲۶۷/۲	۱۸۱۴/۲
اسفستانج	۱۲۰/۹	۱۰۱/۳	۵۴/۹	۵۱/۸	۵۰/۷	۵۶/۹	۸۲/۲	۱۲۸/۹	۲۰۶/۹	۲۶۹/۶	۲۷۶/۳	۲۲۶/۹	۱۶۲۷/۳
مراغه	۱۵۷	۷۲/۴	۵۴/۲	۵۰/۸	۵۰/۴	۵۳	۹۵/۴	۱۲۴/۲	۲۰۴/۲	۲۵۶/۶	۲۵۶/۹	۲۱۲/۵	۱۵۸۷/۵

جدول ۳ - ۱۰. توزیع ماهانه تبخیر (میلی متر) از سطح آزاد آب در ایستگاه های داخل و خارج محدوده ملکان

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
مغانجیق	۱۱۹/۲	۴۹	۳۴/۲	۳۱/۶	۳۱/۴	۳۴/۳	۷۵/۷	۱۲۳	۱۸۵/۶	۲۲۹/۵	۲۴۶/۷	۲۰۰/۴	۱۳۶۰/۷
اسفستانج	۹۱	۷۶	۴۱/۲	۳۸/۸	۳۸	۴۲/۷	۶۱/۷	۹۶/۷	۱۵۵/۲	۲۰۲	۲۰۷/۲	۱۷۰/۲	۱۲۲۰
مراغه	۱۱۷/۸	۵۴/۳	۴۰/۶	۳۸/۱	۳۷/۸	۳۹/۷	۷۱/۵	۹۳/۳	۱۵۳/۱	۱۹۲	۱۹۲/۷	۱۵۹/۴	۱۱۹۱

۳ - ۶ - باد

با توجه به نبود ایستگاه سنجش باد در محدوده مورد مطالعه از داده های ایستگاه مراغه که در نزدیکی محدوده مورد مطالعه می باشد، استفاده شده است. تعداد سال های آماری موجود در ایستگاه سینوپتیک مراغه ۱۳ سال بوده که به صورت ماهانه شامل سرعت متوسط و تعداد دیده بانی ها می باشد. طبق آمار جهت باد غالب در فصل بهار غربی و در فصل های تابستان، پاییز و زمستان شرقی می باشد. در جدول ۳ - ۱۱ سرعت متوسط باد ماهانه در ایستگاه سینوپتیک مراغه در ارتفاع ۲ و ۹ متری ارائه شده است.

جدول ۳ - ۱۱. سرعت متوسط باد ماهانه (متربرثانیه) در ایستگاه سینوپتیک مراغه در ارتفاع ۲ و ۹ متری

ارتفاع	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۹ متری	۱/۹	۱/۳	۱/۰	۱/۱	۱/۵	۱/۹	۲/۰	۲/۲	۲/۷	۳/۹	۳/۴	۲/۲
۲ متری	۱/۵	۱/۰	۰/۸	۰/۹	۱/۲	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۲/۲	۳/۲	۲/۷	۱/۸

همچنین در جدول ۳ - ۱۲ سرعت متوسط ۸ جهتی در ایستگاه سینوپتیک مراغه در ارتفاع ۲ و ۹ متری ارائه شده است.

جدول ۳ - ۱۲. سرعت متوسط باد (متر بر ثانیه) ۸ جهتی در ایستگاه سینوپتیک مراغه در ارتفاع ۲ و ۹ متری

ارتفاع	شمالغرب	غرب	جنوبغرب	جنوب	جنوبشرق	شرق	شمالشرق	شمال
۹ متری	۳/۷۶	۴/۳۳	۴/۴۴	۴/۴۳	۴/۳۷	۵/۴۷	۴/۰۳	۲/۷۳
۲ متری	۳/۰۳	۳/۴۹	۳/۵۸	۳/۵۷	۳/۵۲	۴/۴۱	۳/۲۵	۲/۲۰

۳ - ۷ - رطوبت نسبی

جهت بررسی رطوبت نسبی محدوده از اطلاعات ایستگاه های محدوده و مناطق مجاور استفاده شده است. از آنجائی که رطوبت نسبی قرائت شده در ساعت ۶/۳۰ به حداکثر رطوبت نسبی روزانه نزدیک است و مقدار رطوبت نسبی قرائت شده در ساعت ۱۲/۳۰ به حداقل رطوبت نسبی روزانه نزدیک می باشد بنابراین میانگین قرائت های ساعت ۶/۳۰ و ۱۲/۳۰ به عنوان متوسط نسبی روزانه در نظر گرفته شده است (جدول ۳ - ۱۳). با توجه به آمار رطوبت نسبی ایستگاه مراغه (سینوپتیک) که دارای آمار قابل اطمینان تری بوده و از طول دوره آماری مناسبی نیز برخوردار است مشاهده می شود که حداکثر رطوبت نسبی مربوط به ماه های سرد زمستان و حداقل رطوبت نسبی مربوط به ماه های گرم تابستان می باشد.

۳ - ۸ - ساعات آفتابی

به دلیل فقدان ایستگاه اندازه گیری ساعات آفتابی در محدوده مطالعه، از آمار نزدیکترین ایستگاه (ایستگاه مراغه) برای تعیین مقدار ساعات آفتابی استفاده شده است. با توجه به داده های این ایستگاه کمترین مقدار ساعات آفتابی مربوط به آذر ماه ۱۳۳۶ ساعت و بیشترین مقدار ساعات آفتابی مربوط به تیر ماه ۳۶۴/۳ ساعت می باشد. متوسط ساعات آفتابی سالانه در این ایستگاه ۲۸۹۳ ساعت می باشد.

جدول ۳ - ۱۳. مقادیر نم نسبی (درصد) در ایستگاه های محدوده ملکان

ایستگاه	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر
رطوبت نسبی ۶/۳۰	۷۰	۶۵	۶۱	۴۶	۵۴	۶۳	۷۰	۷۴	۷۳	۶۹	۶۶	۷۲	۶۵	سالانه
متوسط رطوبت نسبی	۶۰	۶۱/۵	۶۰	۵۱	۵۸	۵۶/۵	۵۷/۵	۶۰	۵۹/۵	۵۸	۵۳	۵۸	۵۷/۵	شهریور
رطوبت نسبی ۱۲/۳۰	۵۰	۵۸	۵۹	۵۶	۶۲	۵۰	۴۵	۴۶	۴۶	۴۷	۴۰	۴۴	۵۰	مرداد
رطوبت نسبی ۶/۳۰	۶۳	۷۷	۸۰	۸۱	۷۸	۷۶	۷۳	۶۵	۵۱	۴۷	۴۶	۴۹	۶۵	آبان
متوسط رطوبت نسبی	۴۷	۶۰/۵	۶۶/۵	۶۷	۶۲/۵	۵۸/۵	۵۳/۵	۴۶/۵	۳۶/۵	۳۴	۳۳	۳۵/۵	۵۰	آذر
رطوبت نسبی ۱۲/۳۰	۳۱	۴۴	۵۳	۵۳	۴۷	۴۱	۳۴	۲۸	۲۲	۲۱	۲۰	۲۲	۳۵	دی

۳ - ۹ - تعداد روزهای یخبندان

روزهای یخبندان به روزهایی اطلاق می شود که در آن دمای هوا به زیر صفر درجه سانتیگراد می رسد. بر اساس آمار ایستگاه سینوپتیک مراغه، بیشترین تعداد روزهای یخبندان مربوط به ماه دی با متوسط ۲۵ روز می باشد.

۳ - ۱۰ - اقلیم منطقه

اقلیم دشت ملکان بر اساس روش تجربی آمبرژه و با استفاده از آمار مربوط به ایستگاه ملکان مورد بررسی قرار گرفته است. در این روش از ۳ پارامتر بارندگی P، میانگین حداکثر درجه حرارت (M)، و با توجه به فرمول تجربی آمبرژه به تعیین نوع منطقه پرداخته است.

فرمول تجربی آمبرژه به صورت زیر می باشد:

$$Q = 2000 p / (M^2 - m^2)$$

۵ - ۳

Q: محور عمودی اقلیم نمای آمبرژه

P: متوسط بارندگی سالانه (میلی متر)

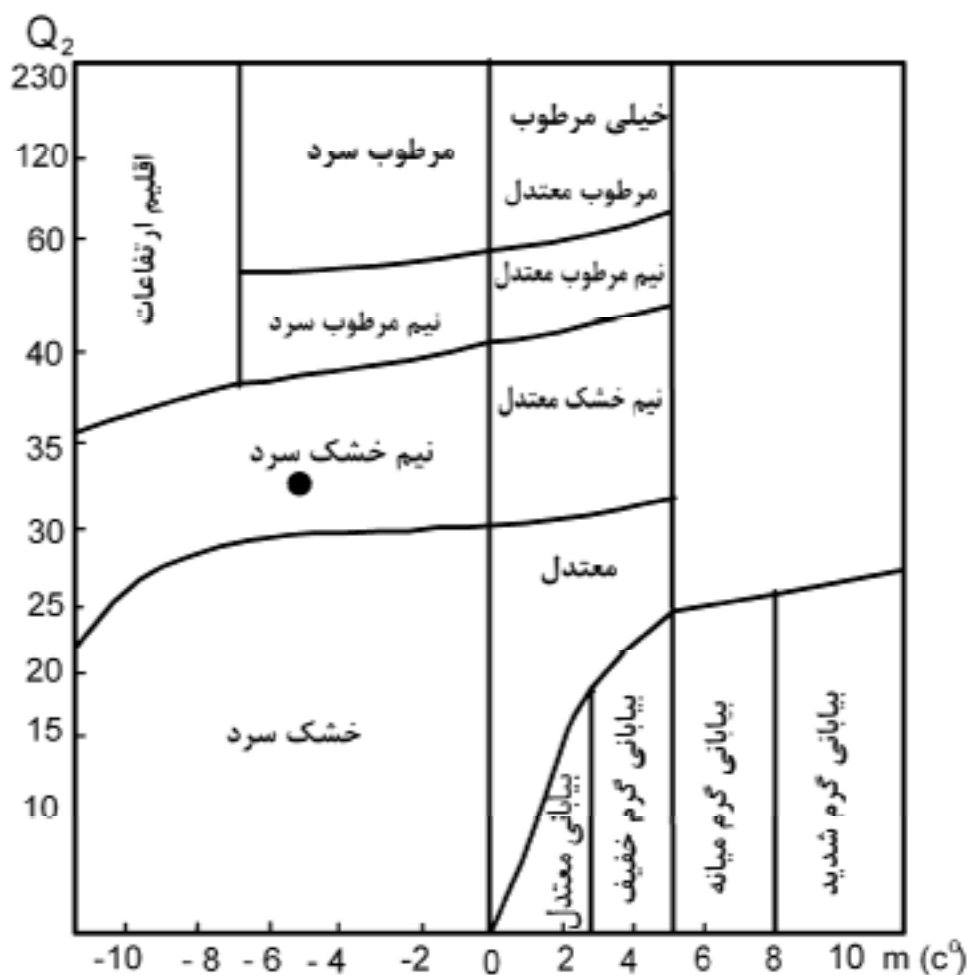
M: میانگین حداکثرهای درجه حرارت در گرمترین ماه سال (کلوین)

m: میانگین حداقل های درجه حرارت در سردترین ماه سال (کلوین)

شکل (۳ - ۴) اقلیم نمای آمبرژه را نشان می دهد که محور افقی آن مقدار m بر حسب درجه سانتی گراد (۴/۷۵) می باشد و بر محور عمودی مقدار Q که از رابطه بالا بدست می آید منتقل می گردد. با توجه به بخش (دما) و مقادیر M، m، P و رابطه بالا خواهیم داشت:

$$Q = 2000 \times 245/7 / (30.4^2 - (-277/75)^2) = 32/17 \quad 3 - 6$$

از این رو مطابق با تقسیم بندی آمبرژه، اقلیم دشت ملکان از نوع نیمه خشک سرد می باشد.

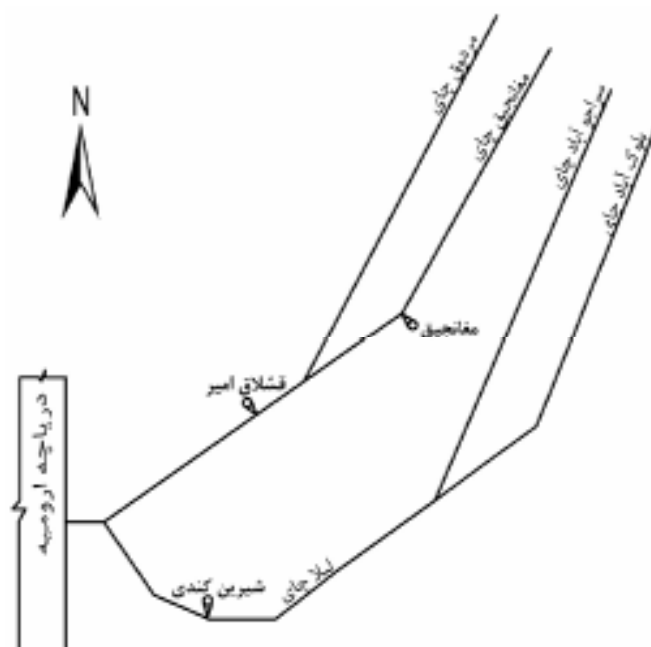


شکل ۳ - ۴. اقلیم نمای آمبرژه (برگرفته از علیزاده، الف. ۱۳۸۱)

- آبهای سطحی

۳ - ۱۱ - سیستم رودخانه ای

از مهمترین رودخانه های موجود در محدوده ملکان رودخانه لیلان چای می باشد، دو سر شاخه اصلی رودخانه مذکور به نام های بلوک آباد چای و سراجو چای پس از سرچشمه گرفتن از ارتفاعات کوه سهند در آبادی کوسه صفر به هم پیوسته و رودخانه لیلان چای را تشکیل می دهند. رودخانه لیلان چای پس از طی مسافت حدود ۳۴ کیلومتر در آبادی چغالو وارد دشت ملکان می گردد و پس از عبور از آبادی های لیلان، جعفرآباد، اسماعیل آباد و لک لر در جنوب غربی ملکان، رودخانه مردوق چای نیز به آن پیوسته و در نهایت از محدوده مورد مطالعه خارج شده و به دریاچه ارومیه می ریزد. رودخانه مردوق چای واقع در غرب محدوده از ارتفاعات سهند سرچشمه گرفته و در اراضی دیزج وارد دشت شده و پس از عبور از غرب ملکان به رودخانه لیلان چای ملحق می گردد. از دیگر رودخانه های جاری در محدوده مطالعاتی رودخانه های داش بلاغ، اوج بلاغ و ساری قیه هستند که از ارتفاعات کوه محمود، باباکبک و ممه شیر سرچشمه گرفته و به هم پیوسته اند و در نهایت به مردوق چای ملحق می شوند. در شکل ۳-۵ نقشه شماتیک رودخانه های مذکور نشان داده شده اند.



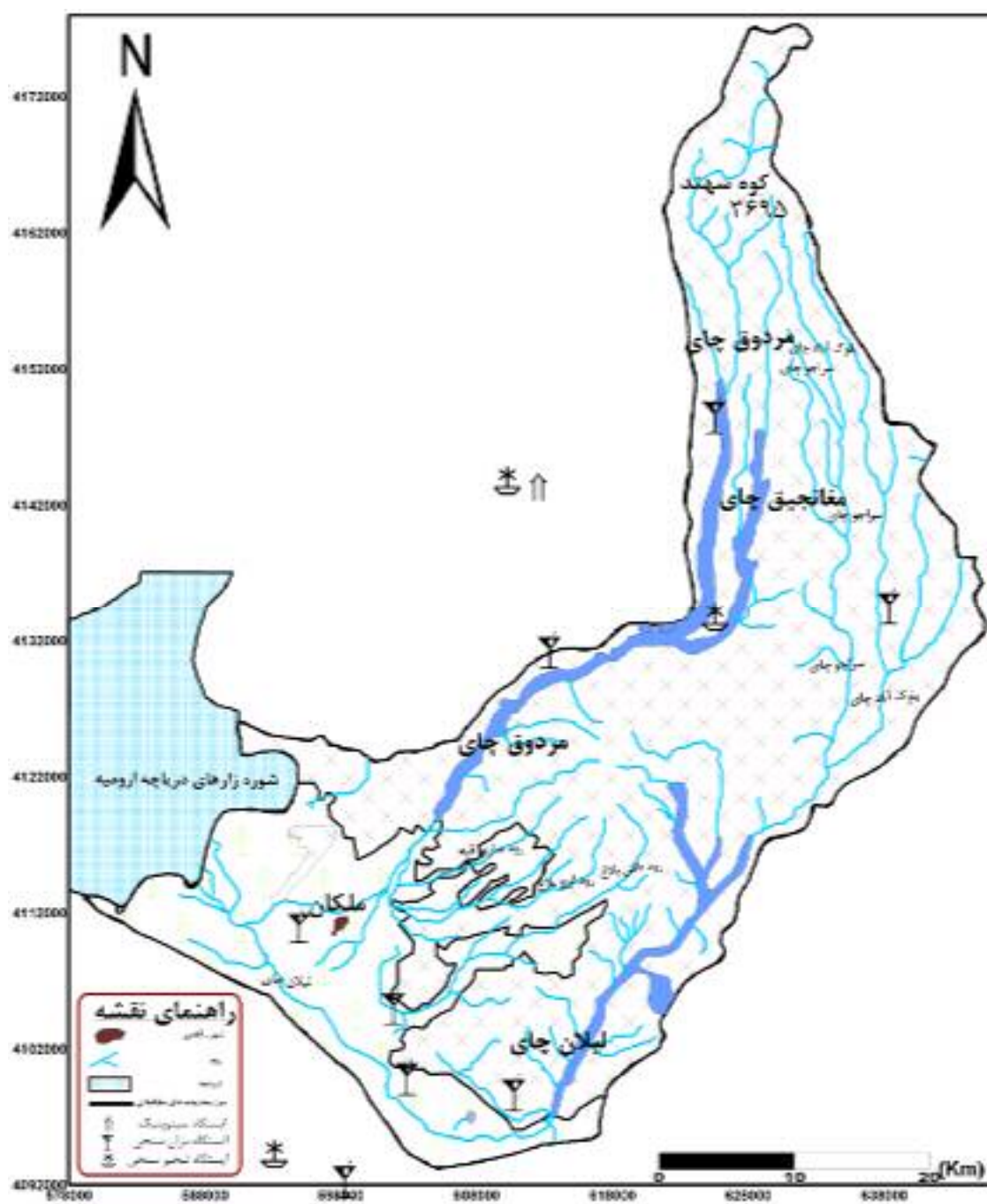
شکل ۳-۵. نقشه شماتیک رودخانه های دشت ملکان

۳ - ۱۱ - ۱ - ایستگاه های هیدرومتری و بررسی آمارهای مربوطه

در داخل محدوده مطالعه ایستگاه های هیدرومتری مغانجیق برروی رودخانه مغانجیق، قشلاق امیر برروی رودخانه مردوق چای و شیرین کندی برروی رودخانه لیلان چای قرار دارند. همچنین به منظور بررسی آبدهی از آمار ایستگاه های محدوده از قبیل ایستگاه های بناب، تازه کند که برروی رودخانه صوفی چای قرار دارند نیز استفاده شده است. در شکل ۳ - ۶ موقعیت رودخانه ها و ایستگاه های هیدرومتری نشان داده است. برای بررسی آمار آبدهی از آمار سالانه ایستگاه ها استفاده شده است که در جدول ۳ - ۱۴ آورده شده است. با توجه به جدول بیشترین مقدار آبدهی سالانه مربوط به ایستگاه قشلاق امیر ۲/۶۰ متر مکعب بر ثانیه و کمترین مقدار آبدهی سالانه مربوط به ایستگاه مغانجیق ۰/۶۹ متر مکعب بر ثانیه می باشد.

۳ - ۱۱ - ۲ - کیفیت آبهای سطحی

برای بررسی کیفیت آبهای سطحی محدوده از نتایج آزمایش نمونه های برداشت شده در ایستگاه های هیدرومتری استفاده شده است (فرسپند آب، ۱۳۸۵). با توجه به اینکه معمولاً کیفیت آب رودخانه ها با افزایش دبی بهتر می شود، می توان فرض کرد که مقادیر حداقل پارامترهای مربوط به کیفیت آب، مربوط به بالاترین دبی و مقادیر حداکثر پارامترهای مربوط به کیفیت آب، مربوط به آبدهی حداقل می باشد. بنابراین در هر ایستگاه هیدرومتری نتایج آنالیز شیمیایی مربوط به دبی حداکثر، دبی حداقل و یک دبی نزدیک به میانگین دبی ایستگاه در نظر گرفته شده است. نتایج در جدول ۳ - ۱۵ آورده شده است. با توجه به جدول مذکور مشاهده می شود که حداکثر هدایت الکتریکی مشاهده شده در ایستگاه شیرین کندی برابر با ۱۹۲۰ میکروموس بر سانتی متر و حداقل هدایت الکتریکی مشاهده شده در ایستگاه مغانجیق برابر با ۱۴۰ میکروموس بر سانتی متر می باشد.



شکل ۳ - ۶. موقعیت رودخانه ها و ایستگاه های هیدرومتری دشت ملکان

جدول ۳ - ۱۴. آمار آبدهی سالانه ایستگاه های هیدرومتری محدوده ملکان و مناطق مجاور (m^3/s)

سال آبی	مغانجیق چای مغانجیق	مردوق چای قشلاق امیر	لیلان چای شیرین کندی
۱۳۵۰-۱۳۵۱	۰/۵۱	۲/۱۲	۱/۷۳
۱۳۵۱-۱۳۵۲	۰/۵۵	۲/۳۳	۱/۸۷
۱۳۵۲-۱۳۵۳	۰/۵۲	۲/۲۰	۲/۸۲
۱۳۵۳-۱۳۵۴	۰/۵۲	۲/۴۴	۲/۴۹
۱۳۵۴-۱۳۵۵	۰/۵۳	۳/۲۳	۲/۲۲
۱۳۵۵-۱۳۵۶	۰/۵۷	۲/۹۴	۱/۶۴
۱۳۵۶-۱۳۵۷	۰/۷	۲/۹۵	۱/۸۹
۱۳۵۷-۱۳۵۸	۰/۶۸	۲/۶۳	۱/۷۷
۱۳۵۸-۱۳۵۹	۰/۹۷	۳/۱۸	۱/۶۴
۱۳۵۹-۱۳۶۰	۱/۸۷	۳/۷۵	۲/۱۵
۱۳۶۰-۱۳۶۱	۰/۷۶	۲/۷۹	۲
۱۳۶۱-۱۳۶۲	۰/۸۶	۲/۵۷	۲/۲۲
۱۳۶۲-۱۳۶۳	۰/۶۷	۲/۰۷	۱/۴۰
۱۳۶۳-۱۳۶۴	۰/۷۴	۳/۱۳	۳/۵۷
۱۳۶۴-۱۳۶۵	۰/۶۱	۲/۳۱	۱/۷۵
۱۳۶۵-۱۳۶۶	۰/۶۷	۲/۵۳	۱/۳۴
۱۳۶۶-۱۳۶۷	۰/۹۶	۴/۱۰	۳/۴۷
۱۳۶۷-۱۳۶۸	۰/۵۳	۱/۳۷	۱/۲۳
۱۳۶۸-۱۳۶۹	۰/۵۵	۱/۶۴	۱/۰۸
۱۳۶۹-۱۳۷۰	۰/۳۹	۱/۷۴	۱/۴۸
۱۳۷۰-۱۳۷۱	۰/۸۴	۴/۷۴	۲/۸۱
۱۳۷۱-۱۳۷۲	۰/۶۶	۳/۹۲	۳/۲۸
۱۳۷۲-۱۳۷۳	۰/۶۱	۳/۴۰	۲/۶۸
۱۳۷۳-۱۳۷۴	۱/۱۸	۲/۷۰	۲/۷۱
۱۳۷۴-۱۳۷۵	۰/۶۶	۲/۸۶	۱/۸۸
۱۳۷۵-۱۳۷۶	۰/۴۰	۳/۲۴	۲/۱۰
۱۳۷۶-۱۳۷۷	۰/۹۲	۲/۳۱	۱/۵۱
۱۳۷۷-۱۳۷۸	۰/۴۲	۱/۲۱	۰/۸۳
۱۳۷۸-۱۳۷۹	۰/۳۹	۱/۲۰	۰/۶۲
۱۳۷۹-۱۳۸۰	۰/۳۹	۰/۷۹	۰/۴۵
۱۳۸۰-۱۳۸۱	۰/۶۱	۱/۹۶	۰/۸۸
۱۳۸۱-۱۳۸۲	۰/۸۷	۲/۶۹	۱/۶۳
۱۳۸۲-۱۳۸۳	۱/۷۰	۲/۶۰	۲/۳۴
میانگین ۳۳ ساله	۰/۶۹	۲/۶۰	۱/۹۲

جدول ۳ - ۱۵. نتایج آنالیز شیمیایی آب رودخانه های محدوده ملکان

SAR	meq/L									pH	باقیمانده TDS (mg/L)	هدایت الکتریکی EC ($\mu\text{S/cm}$)	نام رودخانه نام ایستگاه
	جمع کاتیونها	K^+	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	جمع آنیونها	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-				
۰/۰۲	۱/۴۲	۰	۰/۰۲	۰/۳	۱/۱	۱/۴۵	۰/۰۵	۰/۳	۱/۱	۷/۶	۹۵	۱۴۰	مناجیق چای مناجیق
۰/۵۱	۳/۶۳	۰	۰/۶۳	۱	۲	۳/۶۴	۰/۳۴	۰/۵	۲/۸	۷/۳	۲۲۶	۳۶۲	
۱/۳۵	۷/۱۳	۰	۲/۱۳	۲	۳	۷/۱	۱/۲	۰/۶	۵/۳	۷/۳	۴۵۳	۷۱۱	
۰/۳۵	۲/۳۵	۰	۰/۳۵	۰/۹	۱/۱	۲/۳۸	۰/۳۸	۰/۳	۱/۵	۸/۴	۱۵۶	۲۴۳	مردوق چای قشلاق امیر
۰/۵۲	۴/۴۱	۰	۰/۷۱	۱/۵	۲/۲	۴/۴	۰/۵	۰/۴	۳/۵	۷/۶	۲۸۱	۴۵۰	
۰/۵۸	۱۴/۴۸	۰	۱/۴۸	۴/۵	۸/۵	۱۴/۵	۰/۶	۰/۴	۱۳/۵	۶/۹۴	۹۱۸	۱۴۴۰	
۰/۵۹	۳/۵	۰	۰/۷	۰/۸	۲	۳/۵۲	۰/۴۲	۰/۵	۲/۶	۷/۴	۲۴۰	۳۵۰	لیلان چای شیرین کندی
۱/۳۶	۶/۹	۰/۰۵	۱/۲	۱/۸	۳	۷/۸۵	۲/۳۵	۱	۴/۵	۷/۳	۴۵۵	۶۵۵	
۲/۹۴	۱۹/۲	۰	۷/۲	۵/۵	۶/۵	۱۹/۱۸	۸/۱۸	۳/۵	۷/۵	۷/۲	۱۲۶۸	۱۹۲۰	

- -

.

.

.

.

.

.

.

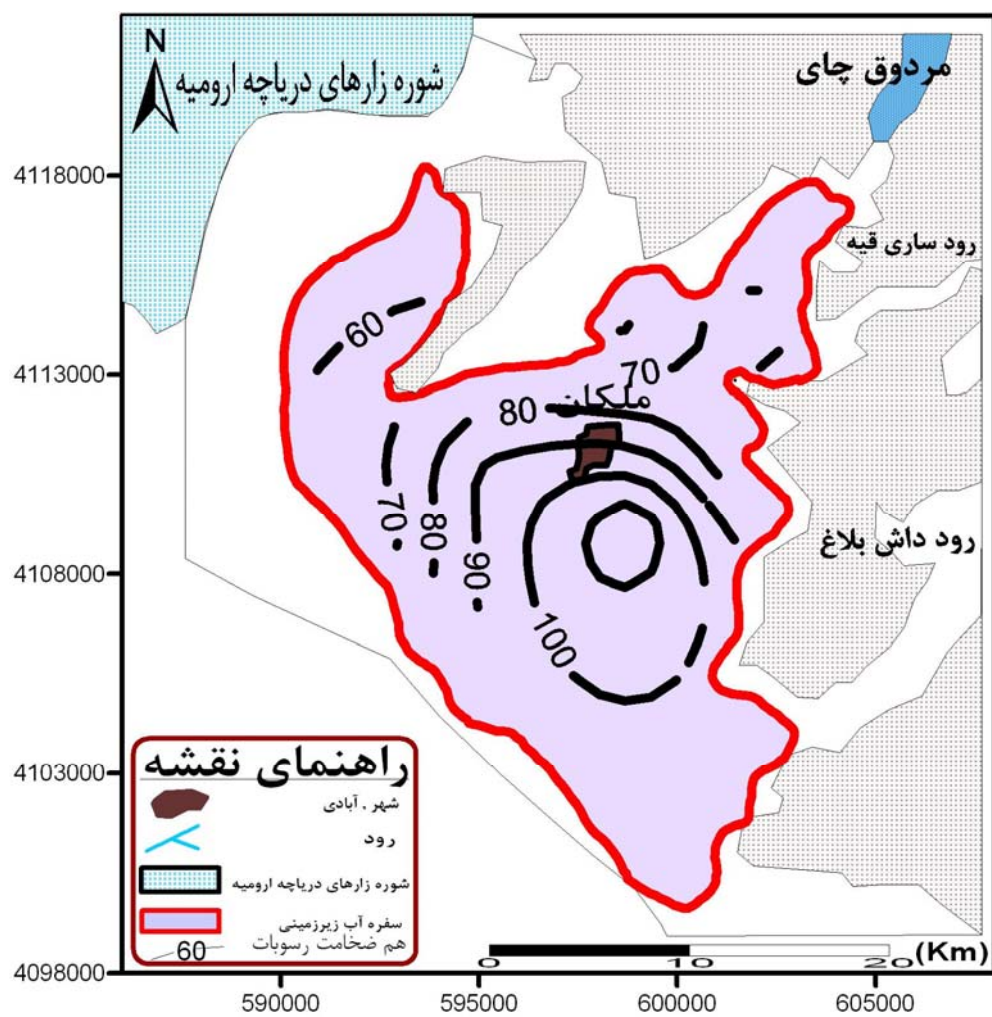
- -

.

-

.





()

- - -

.()

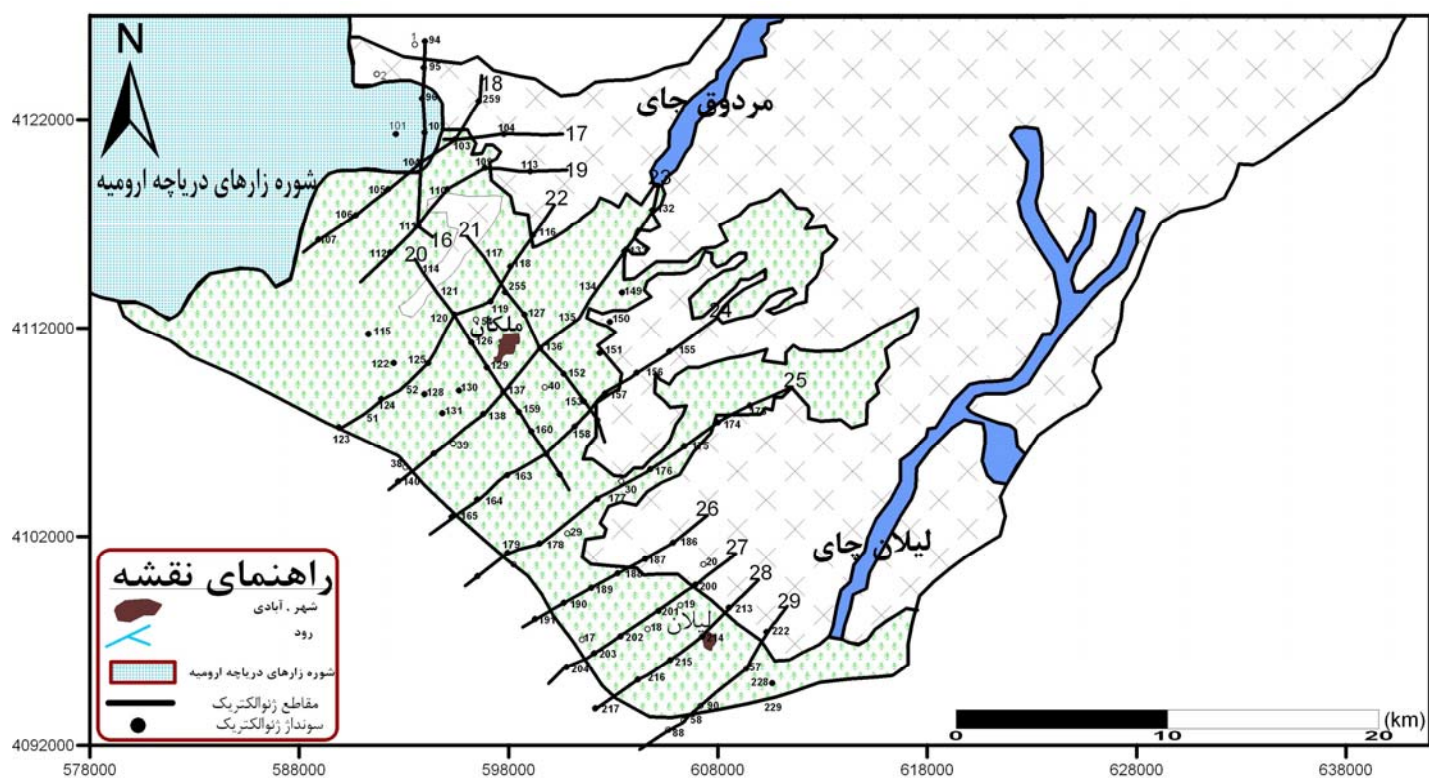
()		
-		
<		
-		
-		
-		
-		

(-)

.(-)

.()

()

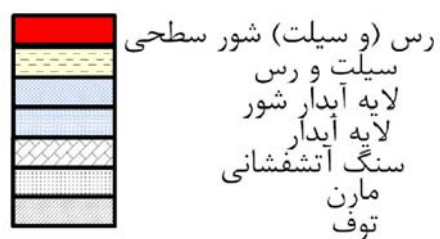
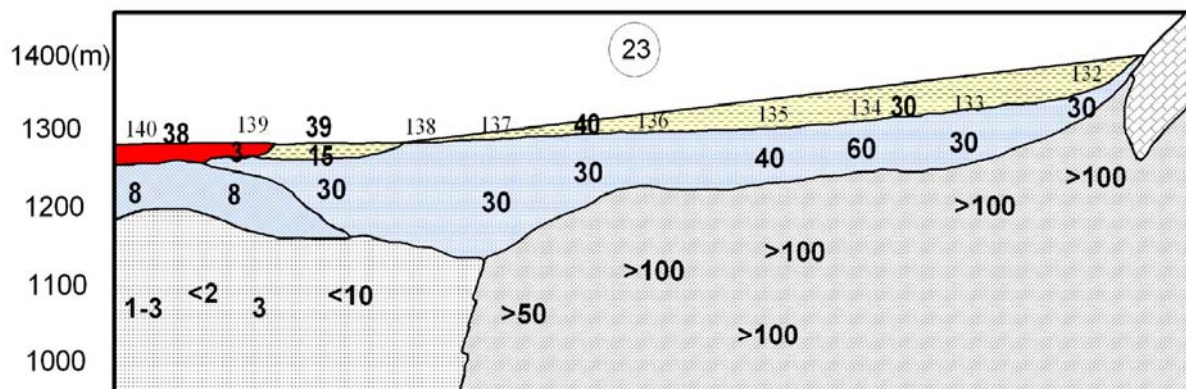
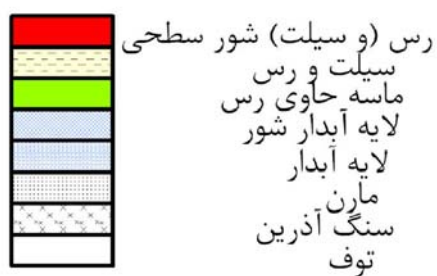
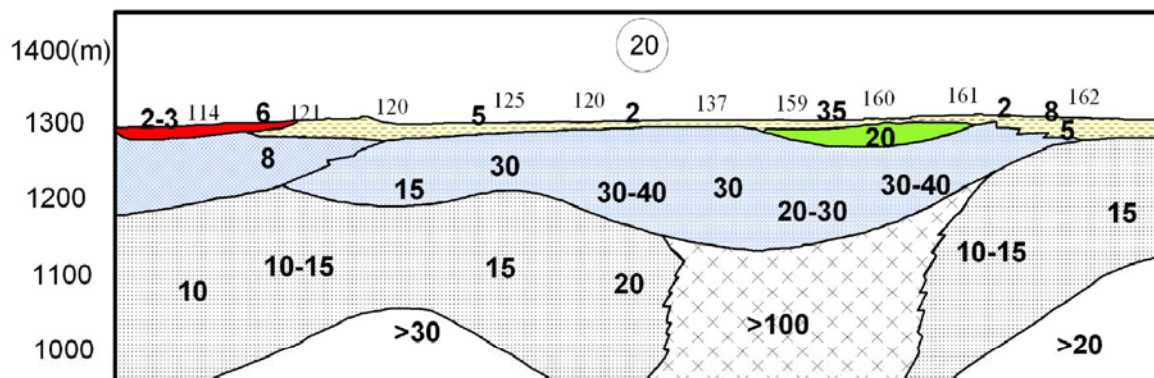


)

(

)

(



·
·

·

.(.)

·

·

- -

·

·

·

-

- - -

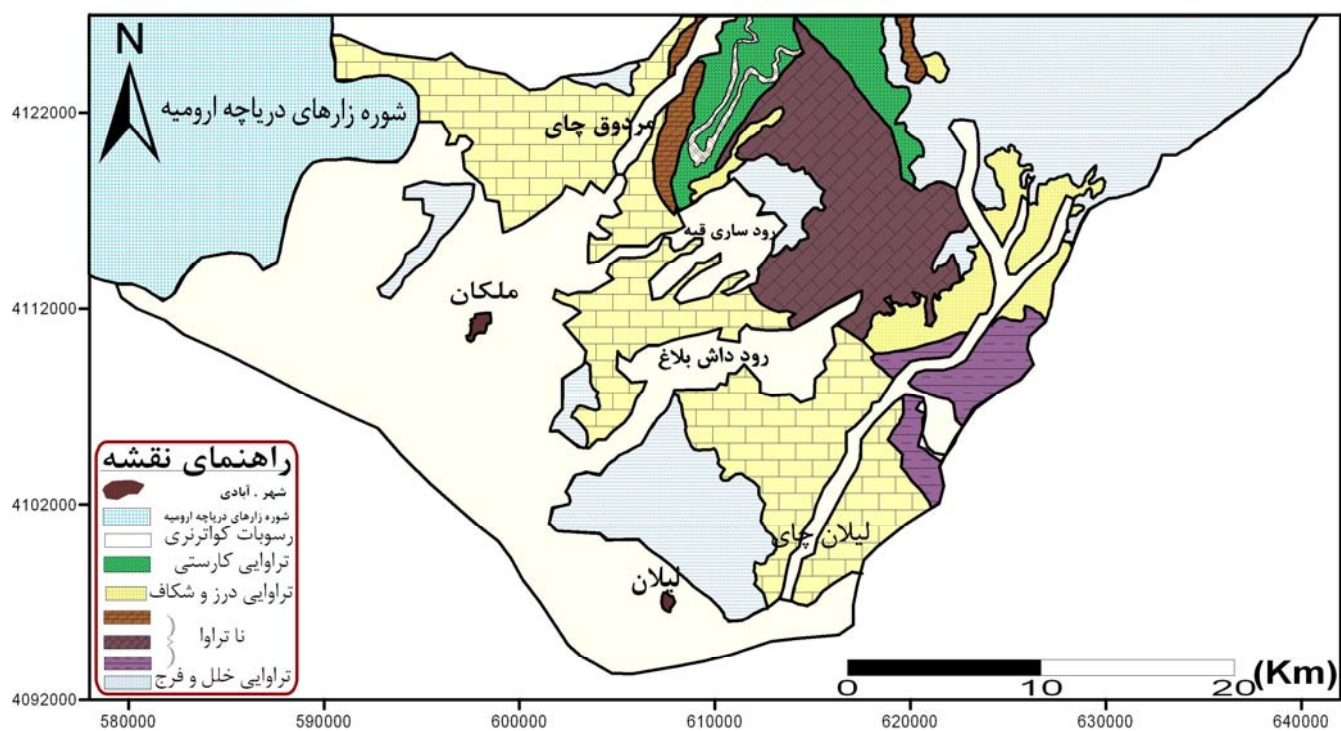
/

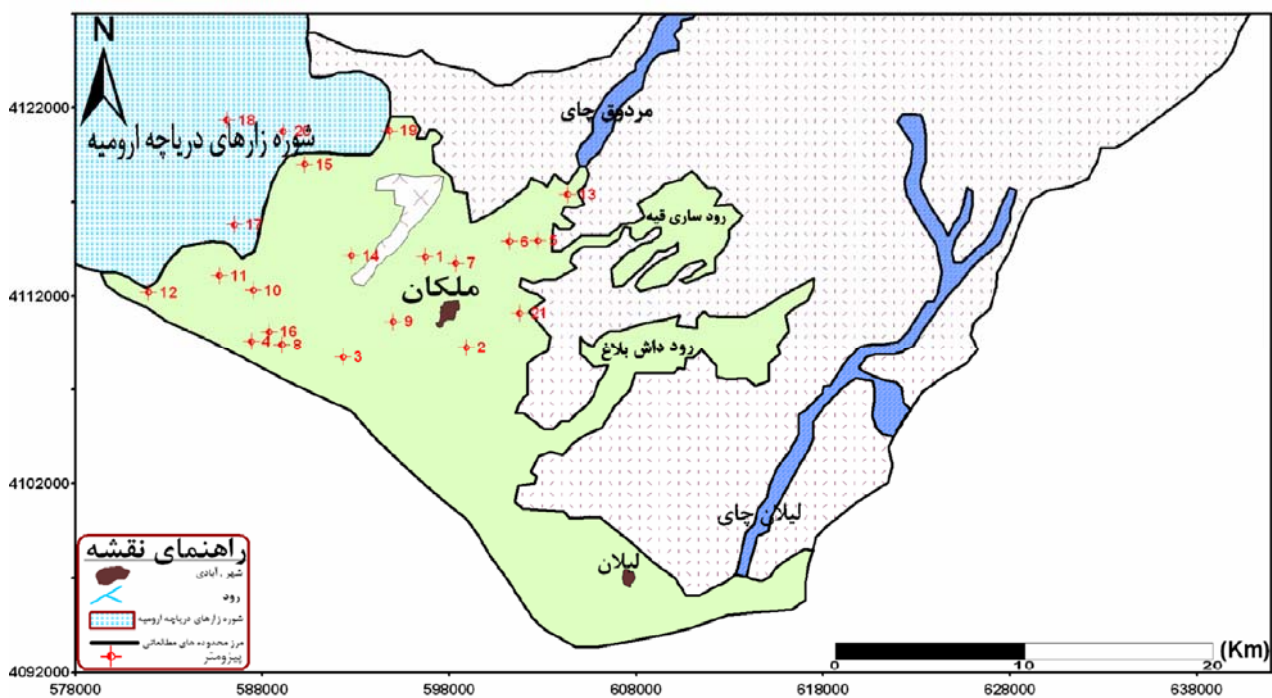
·
·

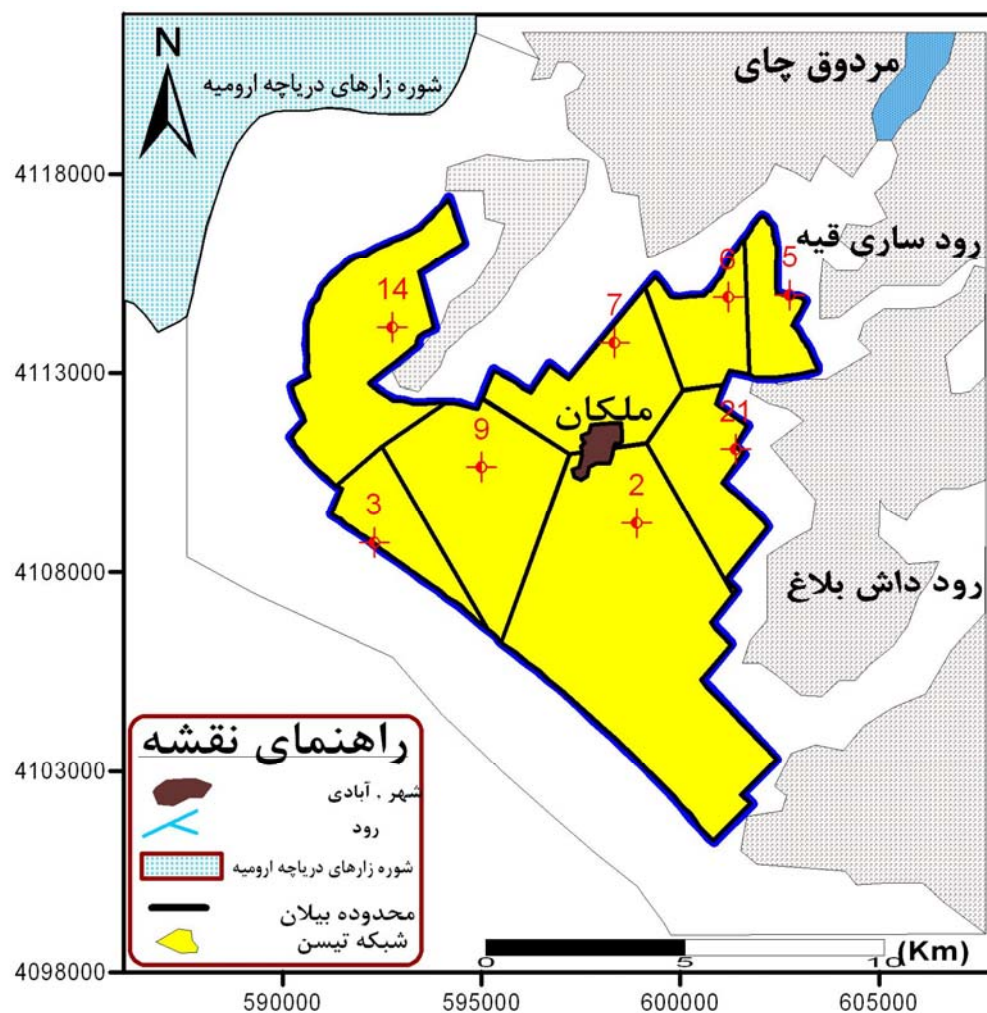
/

/

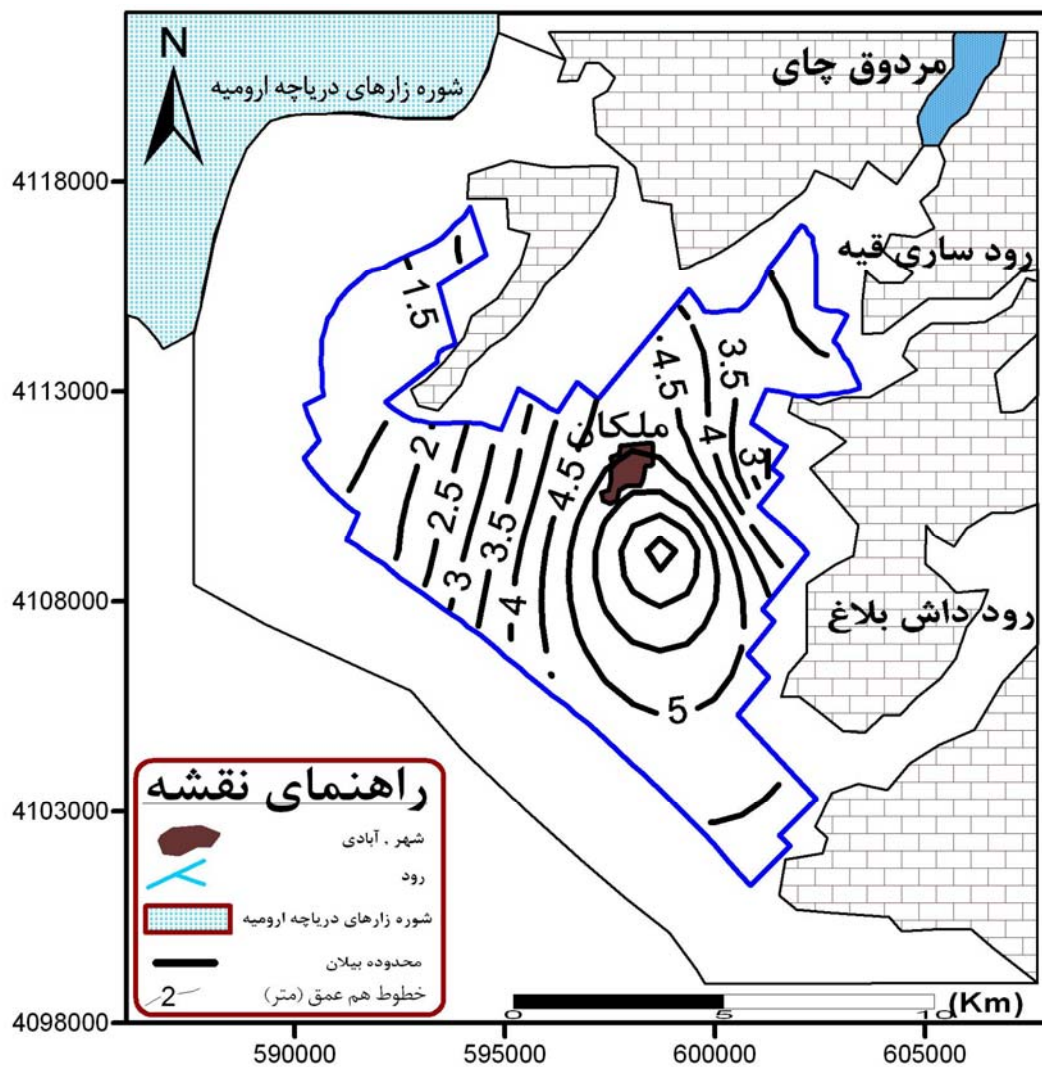






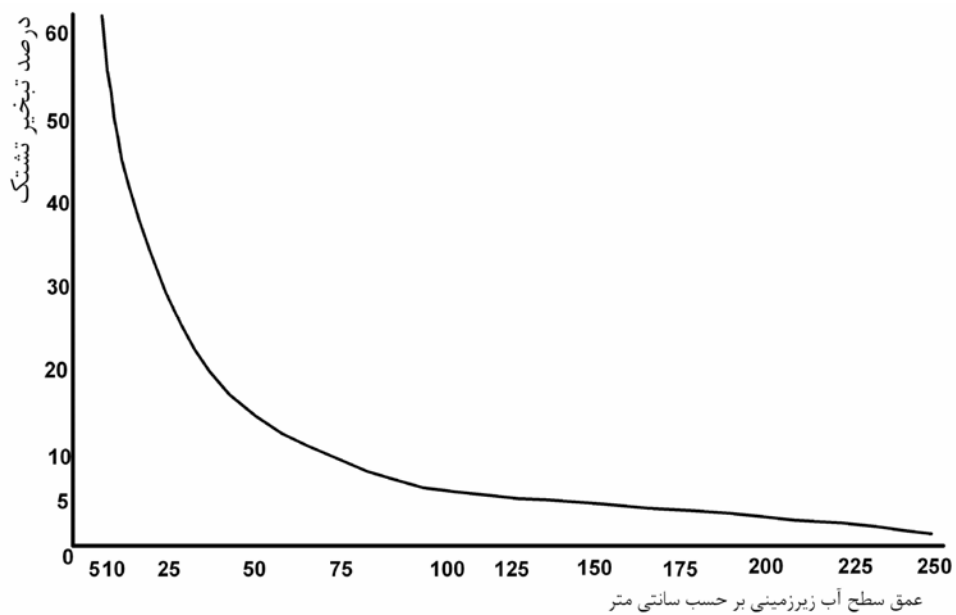


()

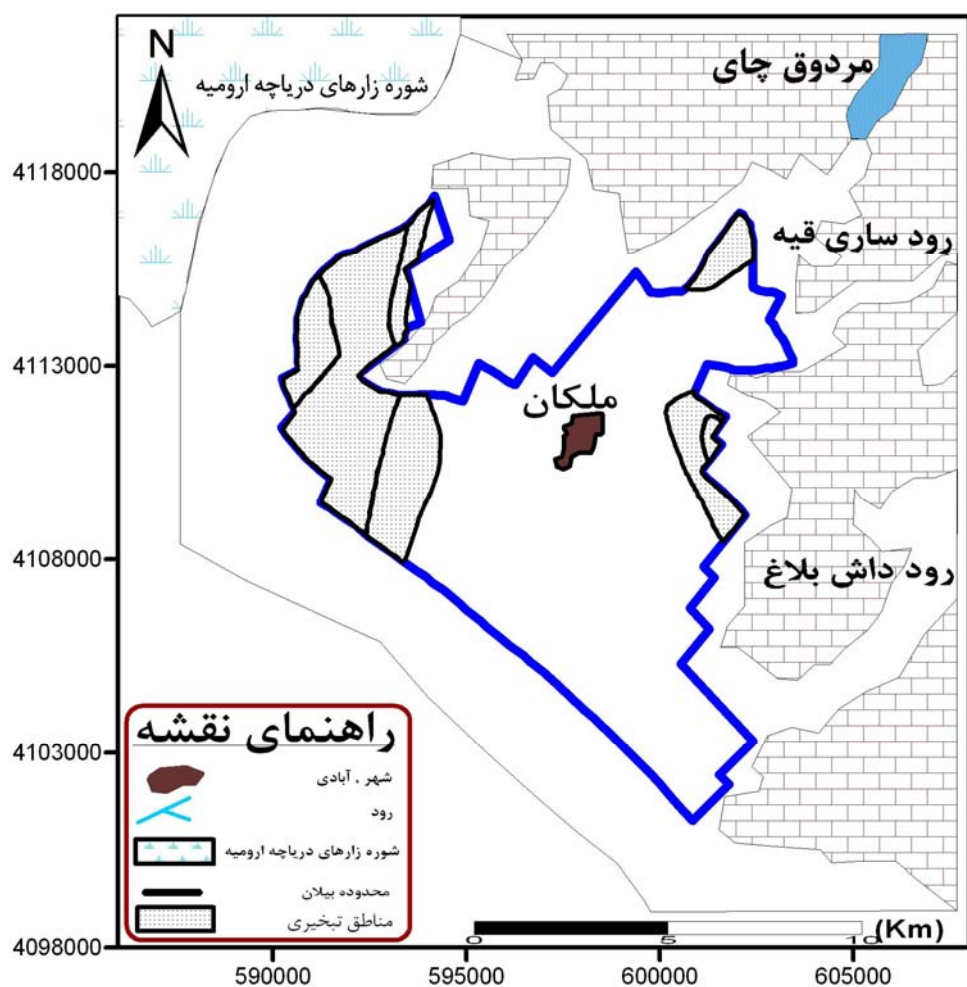


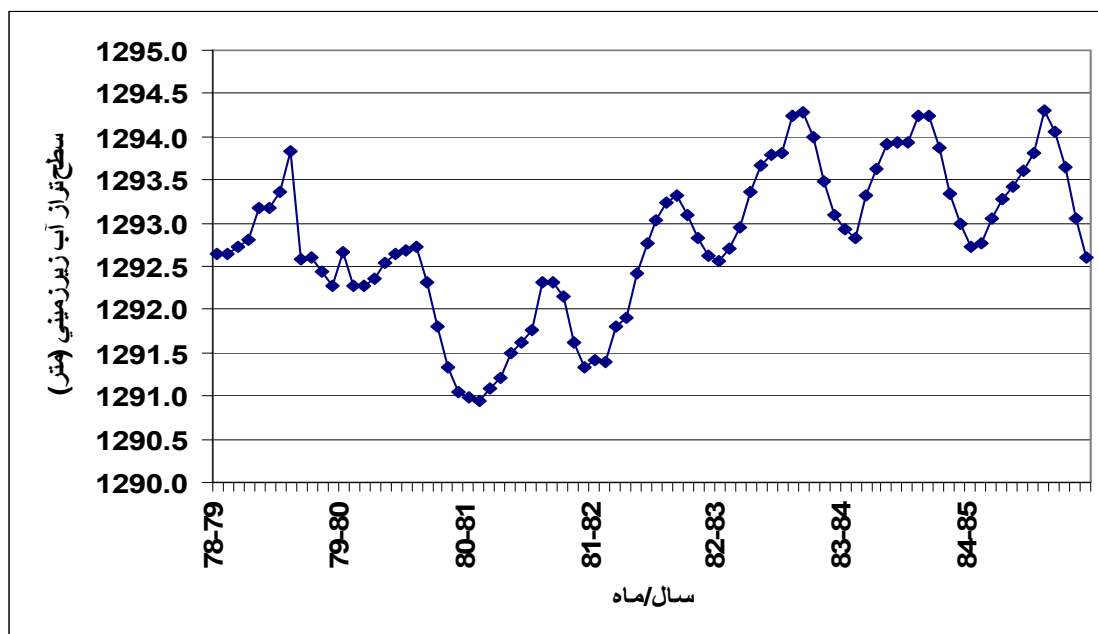
()





() . -

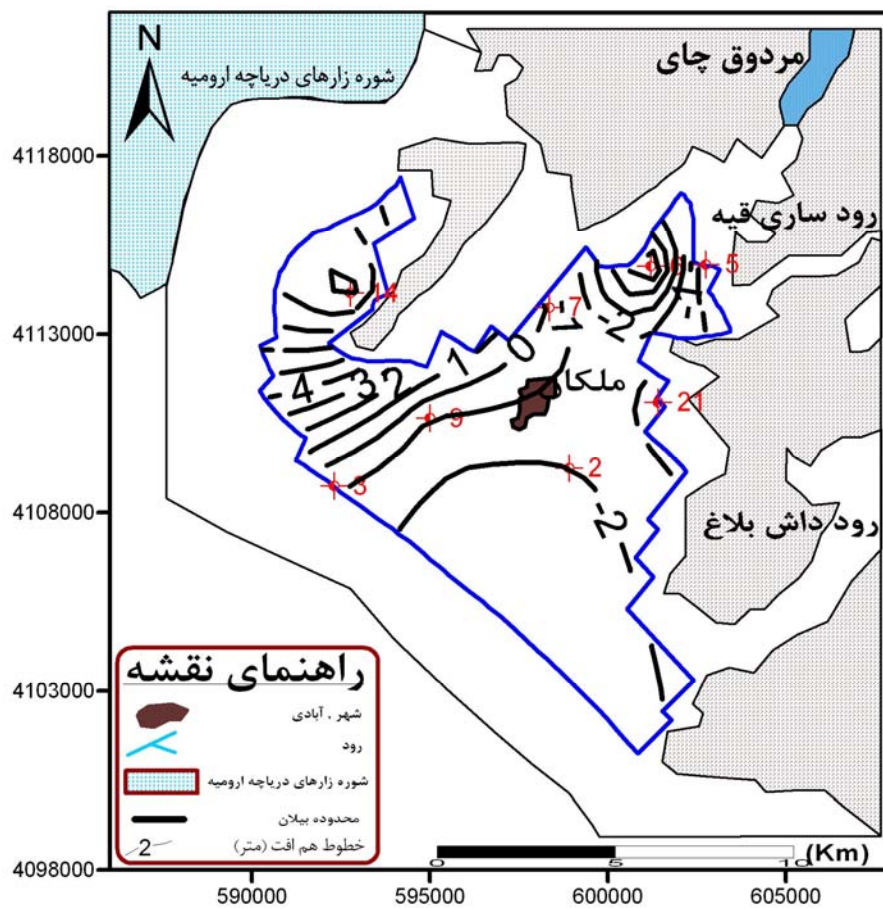




()

()

()

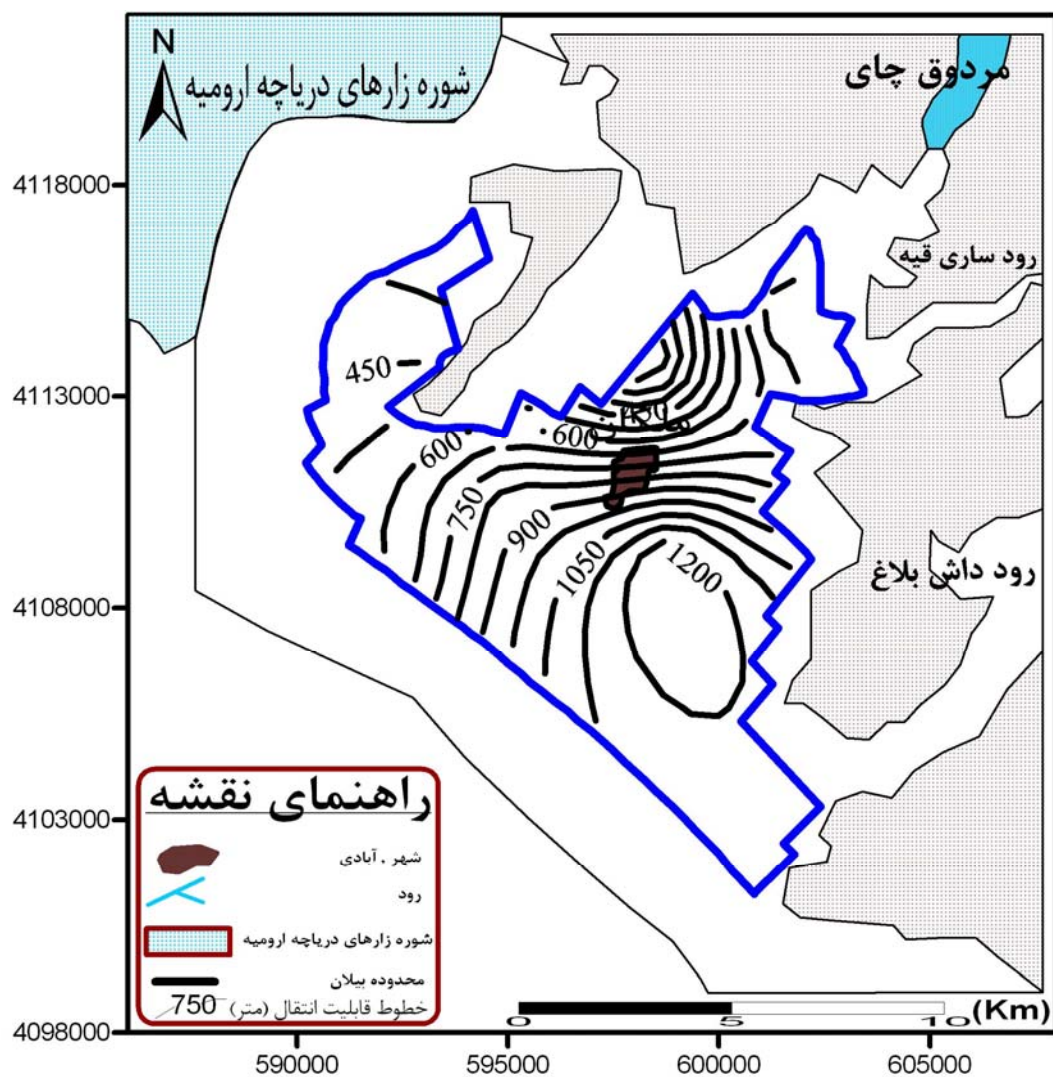




(-)

(T)



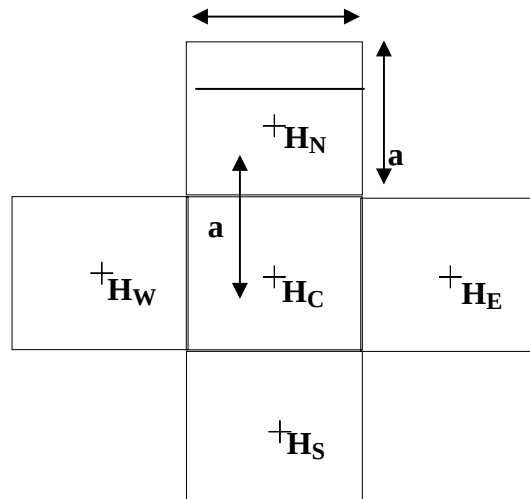


(t)

Δt

()					()		U.T.M		
	()	()	) (				y	x	
-		1	1						
1		1	1						
-		1							
1		1	1						
-	1								
-			1						
-	1	1	1						
-	1		1						
-			1						
-		-	1		-				
-		-	1		-				
-		-	1		-				
-		-	1		-				
-		-	1		-				
-		-	1		-				
-		-	1		-				
-		-	1		-				
-		-	1		-				
-		-	1		-				
-		-	1		-				
-		-	1		-				
1		1	1						
-			1						
-									
-		-	1		-				
-		-	1		-				
-		-	1		-				

$$\frac{d}{dt} \left(\int_V \rho \, dV \right) = \rho \frac{dV}{dt} = \rho \frac{d}{dt} (a^3) = 3\rho a^2 \frac{da}{dt} \quad (1)$$



$$Q_N = T_N \times \frac{H_N - H_C}{a} \times a \Rightarrow Q_N = T_N (H_N - H_C) \quad (2)$$

$$Q_E = T_E \times \frac{H_E - H_C}{a} \times a \Rightarrow Q_E = T_E (H_E - H_C) \quad (3)$$

$$Q_S = T_S \times \frac{H_S - H_C}{a} \times a \Rightarrow Q_S = T_S (H_S - H_C) \quad (4)$$

$$Q_W = T_W \times \frac{H_W - H_C}{a} \times a \Rightarrow Q_W = T_W (H_W - H_C) \quad (5)$$

(C)

.(-) (Steady)

$$T_N(H_N-H_C)+T_E(H_E-H_C)+T_S(H_S-H_C)+T_W(H_W-H_C)=0 \tag{ - }$$

$$(C) \tag{Unsteady}$$

$$.(-) \tag{\Delta V}$$

$$[T_N(H_N-H_C)+T_E(H_E-H_C)+T_S(H_S-H_C)+T_W(H_W-H_C)]\Delta t=a^2\times S\times \Delta HC \tag{ - }$$

$$(-) \tag{T}$$

$$S=\frac{H_N+H_E+H_S+H_W-4HC}{a^2}(\frac{T\times \Delta t}{\Delta HC}) \tag{ - }$$

:

$$t \tag{HC , HN , HE , HS , HW}$$

$$t+\Delta t \tag{HC \quad t \quad HC \quad \Delta HC}$$

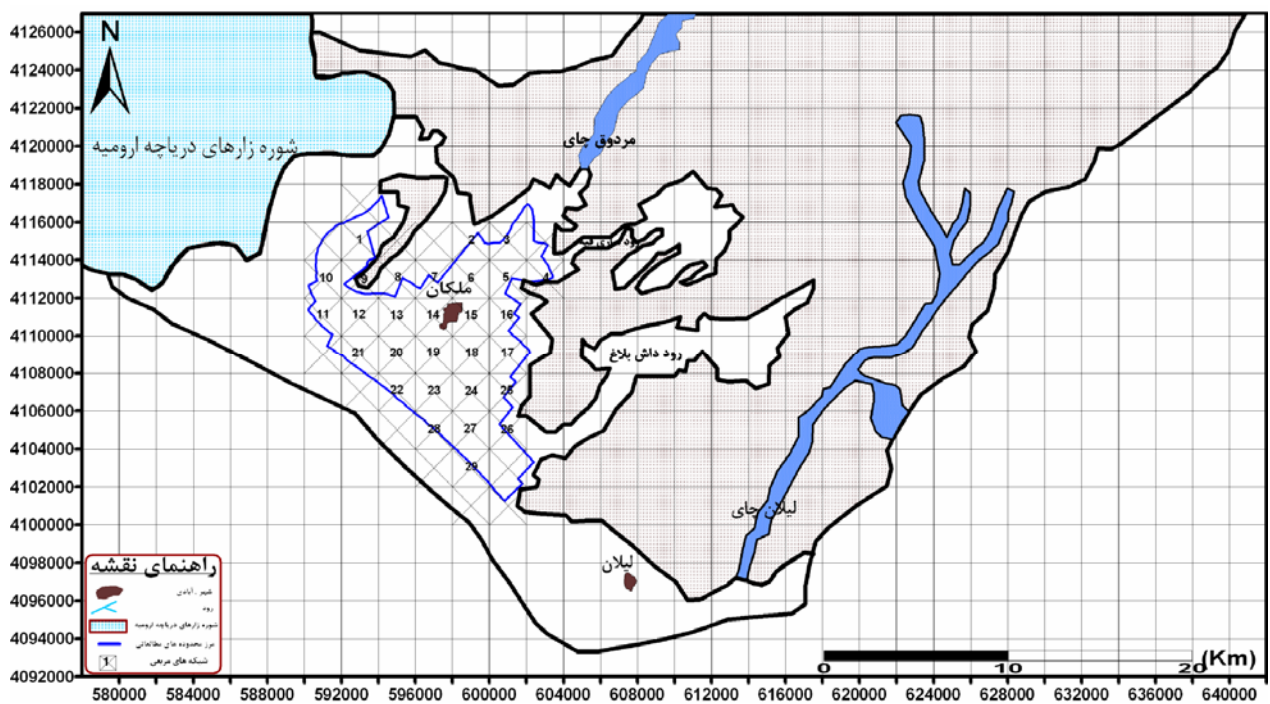
$$. \tag{S \quad T \quad \Delta t \quad a}$$

$$. \tag{- \quad S \quad . \quad /}$$

$$- \quad -$$

.

.



	1			2	3	
10	9	8	7	6	5	4
11	12	13	14	15	16	
	21	20	19	18	17	
		22	23	24	25	
			28	27	26	
				29		

مراکز شبکه

	1296.85			1305.05	1311	
1291.7	1292.65	1293.77	1296.17	1299.4	1304.56	1312.4
1288.05	1288.05	1288.6	1290.08	1293.6	1296.48	
	1284.92	1285.92	1287.67	1289.8	1293.29	
		1284.85	1286.42	1288.62	1291.81	
			1286.04	1288.15	1290.83	
				1287.85		

سطح تراز اردیبهشت ۸۵

	380			330	750	
475	500	600	400	400	670	800
540	640	800	850	850	800	
	700	900	1100	1260	1080	
		950	1140	1230	1180	
			1100	1180	1180	
				1150		

قابلیت انتقال

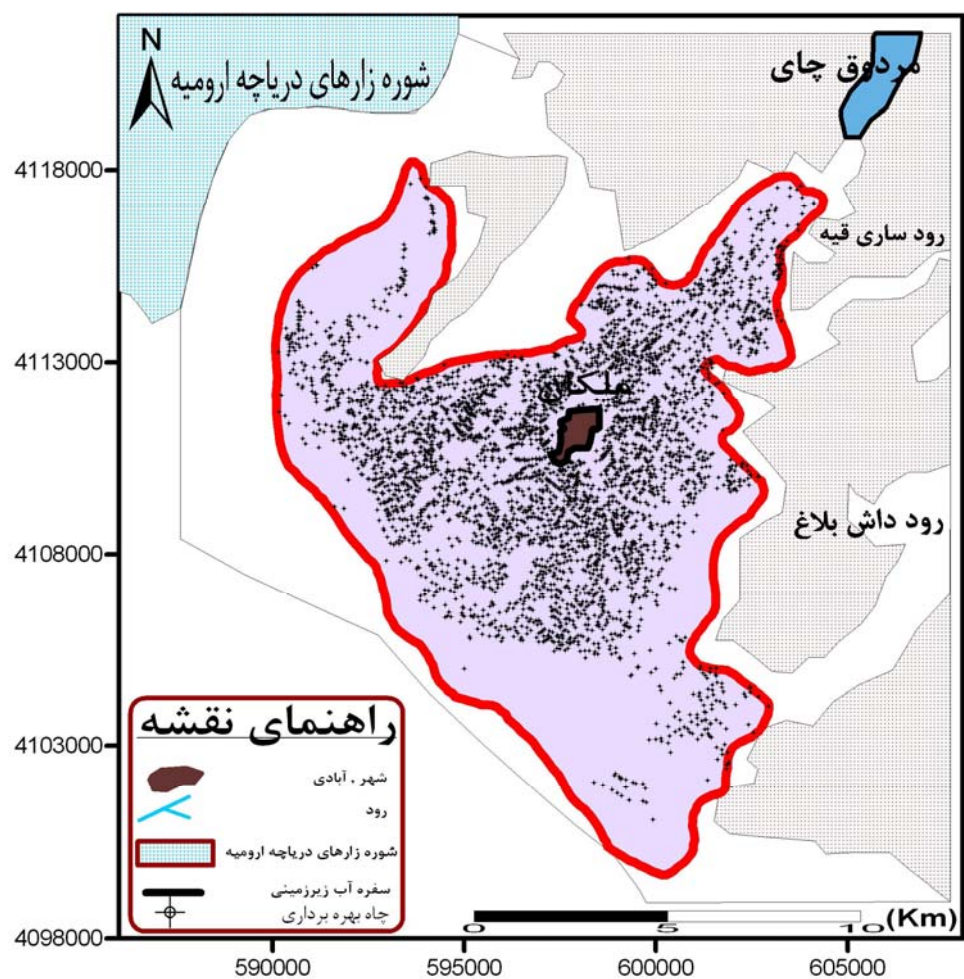
	1295.63			1301.75	1306.75	
1290.4	1291.45	1292.23	1294.09	1296.75	1301.7	1309.5
1288.5	1286.58	1287.2	1289.1	1291.38	1294.38	
	1283.03	1284.18	1285.73	1287.6	1291.24	
		1282.87	1284.39	1286.54	1289.75	
			1284.02	1286.1	1288.77	
				1285.84		

سطح تراز شهریور ۸۵

	-0.0291			-0.010531811	0.0279	
	0.01158	0.03534	0.05039	-0.04407027		
		0.04191	0.02768	0.045158545		
			0.03316	0.032615577		
				0.016248537		

ضریب نخیره متوسط دشت

0.032



$$\left(\begin{array}{c} \end{array} \right) \qquad \qquad \qquad = \Delta h$$

$$\Delta V = \quad / \quad \times \% / \quad \times (- /)$$

$$\Delta V = - / \quad \text{(MCM)}$$

$$\qquad \qquad \qquad - \qquad \qquad \qquad /$$

$$\qquad \qquad \qquad (\quad - \quad) \qquad \qquad \qquad .$$

$$= Q_{IN} = \quad /$$

$$= Q_P = \quad /$$

$$= Q_R = \quad /$$

$$= Q_I = \quad /$$

$$= Q_{SW} = \quad /$$

$$= Q_{OUT} = \quad /$$

$$= Q_{EX} = \quad /$$

$$= Q_D = \quad /$$

$$= Q_{ET} = \quad /$$

$$(\quad Q_{IN} + Q_P + Q_R + Q_I + Q_{SW} \quad) - (\quad Q_{OUT} - Q_{EX} - Q_D - Q_{ET} \quad) = \pm \Delta V$$

$$(\quad / \quad + / \quad + / \quad + \quad / \quad + / \quad) - (\quad / \quad + \quad / \quad + / \quad + / \quad) = - / \quad = \Delta V$$

$$\qquad \qquad \qquad (\qquad \qquad \qquad) \qquad \qquad \qquad \Delta V$$

$$\qquad \qquad \qquad . \qquad \qquad \qquad (\qquad \qquad \qquad)$$

$$\qquad \qquad \qquad . \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad -$$



فصل پنجم

هیدروژئوشیمی

۵ - ۱ - مقدمه

قابل استفاده بودن آبهای زیرزمینی برای مصارف خانگی، صنعتی و کشاورزی با توجه به مواد شیمیایی و بیوشیمیایی موجود در آن معین می‌شود. مطالعه شیمی آبهای زیرزمینی اطلاعاتی از تاریخ زمین‌شناسی آنها، نوع خاک و سنگی که از آن عبور کرده، مواد معدنی پنهان درون زمین و منشأ آن با توجه به چرخه آب ارائه می‌دهند. فرایندهای شیمیایی در منطقه آبهای زیرزمینی، مقاومت مواد زمین‌شناسی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بعضاً در جاهائی که آنها بدرستی شناخته نشده‌اند می‌توانند موجب از بین رفتن تأسیسات مصنوعی ساخته بشر از قبیل شیب مصنوعی، سدها، تونل‌های معدنی و غیره شود.

پارامترهای هیدروشیمی در هر مطالعه و تحقیقی بر اساس موضوع مطالعه لازم است که تعیین شوند. لذا نمونه‌های آبهای زیرزمینی پس از نمونه‌برداری در آزمایشگاه مورد تجزیه و آنالیز شیمیایی قرار گرفته و پس از تعیین مقدار یونهای اصلی اعم از کاتیون‌ها و آنیون‌ها، به روش‌های مختلف مورد بررسی و تفسیر قرار می‌گیرند.

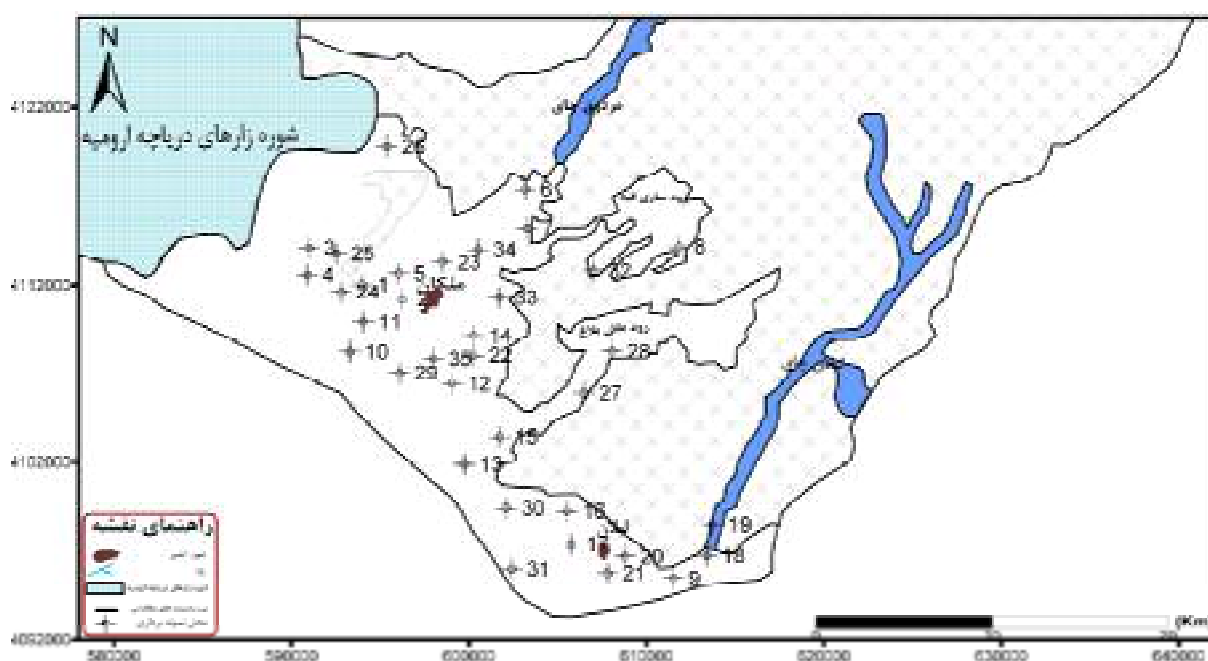
۵ - ۲ - جمع‌آوری نمونه و آنالیز

به منظور بررسی وضعیت کیفی آبهای زیرزمینی دشت ملکان هر ساله در دو نوبت، خرداد ماه و شهریور ماه، نمونه‌برداری از منابع آب انتخابی اعم از چاه، چشمه و قنات، توسط سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی صورت می‌گیرد. همچنین در شهریور ماه ۱۳۸۵ و خرداد ۱۳۸۶، نمونه برداری از تعداد ۳۵ نمونه منابع انتخابی توسط سازمان آب منطقه‌ای، به عنوان شبکه بهینه نمونه برداری دشت ملکان صورت گرفت. در این تحقیق برای بررسی کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه از

نمونه برداری هر ساله و بهینه دشت استفاده شده است. برای بررسی آنومالی های احتمالی در قسمت های خروجی دشت ۱۰ نمونه نیز توسط نگارنده برداشت و در آزمایشگاه آب و فاضلاب، کیمیا پایش آب تبریز، مورد آنالیز قرار گرفت. ضمیمه (ث و ج) نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های آبهای زیرزمینی دشت ملکان را برای شهریور ماه ۱۳۸۵ و خرداد ماه ۱۳۸۶ نشان می دهد. شکل ۵ - ۱ موقعیت چاههایی را که نمونه برداری از آنها صورت گرفته است را نشان می دهد. در هنگام نمونه برداری عواملی نظیر ظروف نمونه برداری، نحوه برداشت، نگهداری و انتقال آن به آزمایشگاه و فاصله زمانی نمونه برداری تا آزمایش مورد توجه قرار گرفت.

پارامترهای اندازه گیری شده

پارامترهایی که مورد ارزیابی قرار گرفتند شامل هدایت الکتریکی، pH، سدیم، کلسیم، پتاسیم، بی کربنات، کلرید، منیزیم و سولفات می باشند.



شکل ۵ - ۱. موقعیت چاههای نمونه برداری

۵ - ۳ - بررسی کیفیت و شوری آبهای زیرزمینی دشت ملکان

دشت ملکان بدلیل قرار گرفتن در حاشیه دریاچه ارومیه، با افزایش بهره برداری از آبهای زیرزمینی شوری آن افزایش یافته و کاهش کیفیت آب زیرزمینی را بدنبال خواهد داشت. در ادامه این فصل در

مورد کاهش کیفیت، بررسی هدایت الکتریکی، باقیمانده خشک، کلر، سولفات و تیپ آب‌زیرزمینی، ارتباط یونها با یکدیگر و ... منطقه مورد مطالعه بحث خواهد شد.

۵ - ۳ - ۱ - قابلیت هدایت الکتریکی

جهت مطالعه هدایت الکتریکی دشت ملکان، شکل‌های ۵ - ۲ و ۵ - ۳ بترتیب نقشه هم‌تراز هدایت الکتریکی را برای خرداد ماه ۱۳۸۶ و شهریور ماه ۱۳۸۵ نشان می‌دهند. با توجه این نقشه میزان هدایت الکتریکی در نواحی تخلیه بسیار زیاد و متغیر می‌باشد. در نواحی شمال شرقی و شرق بدلیل نزدیک بودن به محل تغذیه و منشأ گرفتن از رسوبات کنگلومرای، آب‌های زیرزمینی هدایت الکتریکی پایین و کیفیت نسبتاً خوبی دارند که عمدتاً کمتر از ۱۲۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر می‌باشد. در نواحی جنوب شرقی دشت شامل اراضی آبادی نقره کک بدلیل تغذیه از رسوبات مارنی، دارای هدایت الکتریکی زیادی حدود ۲۴۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر بوده و باعث کاهش کیفیت آب‌زیرزمینی در این مناطق شده است. در شمال غرب و غرب دشت بدلیل نزدیک شدن به سمت شوره زارهای دریاچه ارومیه و هجوم آب شور دریاچه به سمت سفره‌های ساحلی، هدایت الکتریکی بالا می‌باشد بطوری که در حواشی شوره زارها به بیش از ۱۲۰,۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر می‌رسد.

مقایسه نقشه‌های هم‌تراز هدایت الکتریکی شهریور ماه ۱۳۸۵ و خرداد ماه ۱۳۸۶ نشان می‌دهد که مقدار هدایت الکتریکی در طول زمان افزایش یافته و بیشترین افزایش مربوط به نواحی شمالی و شمال‌غربی دشت است. دلیل افزایش هدایت الکتریکی در طول زمان را می‌توان افزایش افت سطح آب‌های زیرزمینی در اثر بهره‌برداری بی‌رویه از تعداد زیادی چاه نیمه عمیق حفر شده در منطقه و همچنین کاهش آب رودخانه مردوق چای در شهریور ماه دانست، که باعث افزایش بهره‌برداری از آب زیرزمینی در فصل خشک می‌شود.

مقایسه بین مقادیر هدایت الکتریکی با مقادیر یونها در نمودارهای شکل ۵ - ۴ ارائه شده است که نشان می‌دهد، اکثر یونها با افزایش هدایت الکتریکی افزایش پیدا کرده‌اند که در مورد کلر و سدیم یک روند خطی را با ضریب همبستگی بالا را نشان می‌دهد ولی بقیه یونها تغییرات کاملاً یکنواختی را با افزایش هدایت الکتریکی نشان نمی‌دهند. این موضوع احتمالاً به خاطر پدیده‌هایی نظیر تبادل

کاتیونی، جذب یونی و ... می‌باشد و این اتفاق در مورد یونهای بی‌کربنات، کلسیم و منیزیم در نمودارها به وضوح قابل مشاهده است.

بررسی تغییرات دراز مدت هدایت الکتریکی

به منظور بررسی وضعیت کیفی آب‌یرزمینی دشت ملکان و تعیین متوسط هدایت الکتریکی، ۶ حلقه چاه دارای آمار ده ساله از کل سطح دشت انتخاب شد (ضمیمه چ). نتایج آنالیز شیمیایی این نمونه‌ها از خرداد ۱۳۷۷ تا خرداد ۱۳۸۶ مورد استفاده قرار گرفت. انتخاب سالهای فوق بدلیل نبود ممتد نبودن اطلاعات و داده‌های مربوط به منابع انتخابی می‌باشد. سپس با استفاده از روش پلی‌گون تیسن، شکل ۵ - ۵، متوسط هدایت الکتریکی با استفاده از فرمول زیر بدست آمد:

$$\overline{EC} = \frac{A_1 \times EC_1 + A_2 \times EC_2 + \dots + A_n \times EC_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (۵ - ۱)$$

EC_n = هدایت الکتریکی منبع آب انتخابی

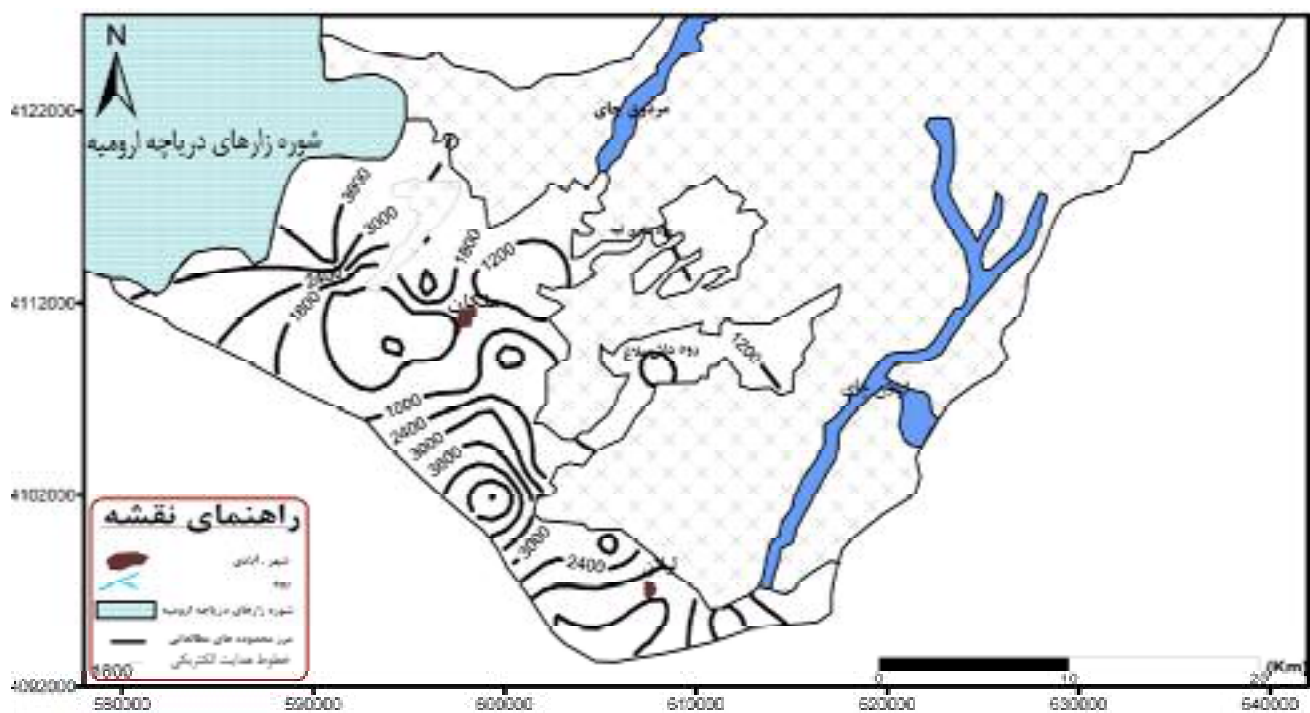
A_n = مساحت مربوط به هر پلی‌گون

$\overline{EC}$ = متوسط هدایت الکتریکی

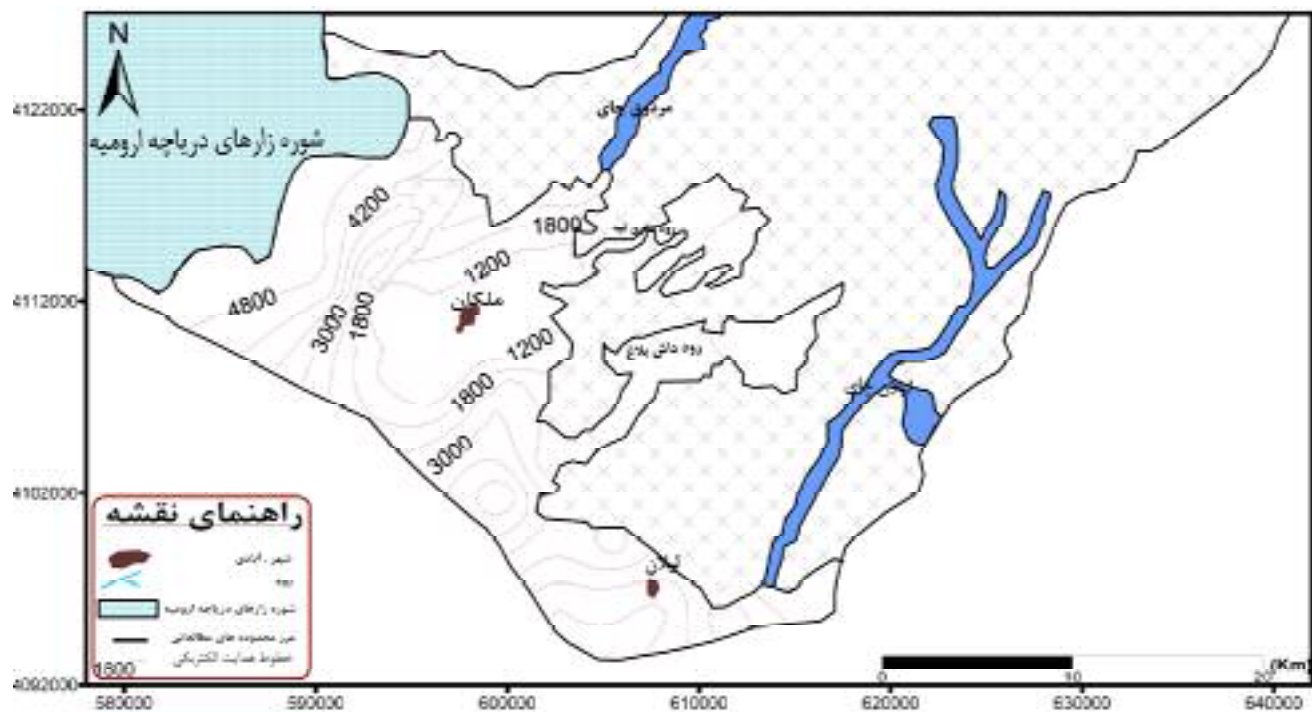
همچنین متوسط تغییرات هدایت الکتریکی دشت برای سالهای مذکور تهیه گردید (شکل ۵ - ۶).

با توجه به شکل ۵ - ۶، نمودار ترسیم شده توسط روش تیسن، یک سیر صعودی داشته و بعد از سال ۱۳۸۳ مقدار هدایت الکتریکی بطور قابل ملاحظه ای افزایش می‌یابد. این روند منحنی بیانگر، کاهش کیفیت آبهای زیرزمینی دشت می‌باشد.

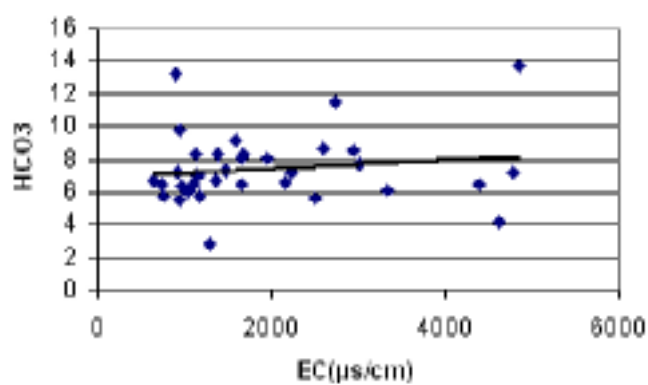
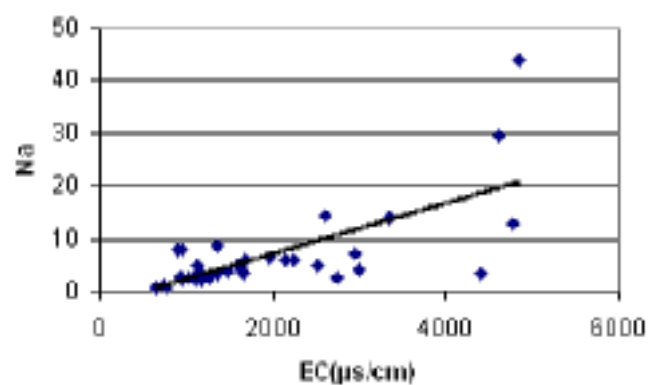
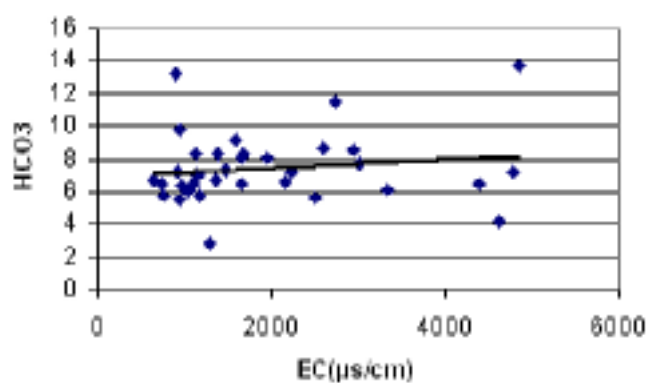
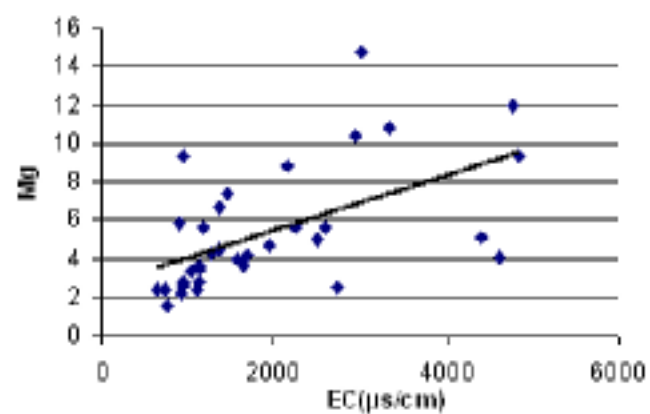
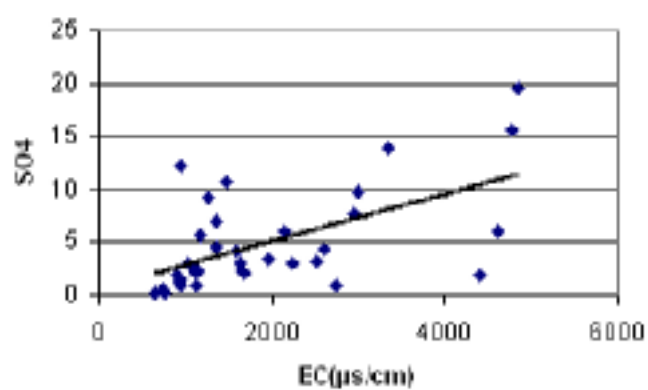
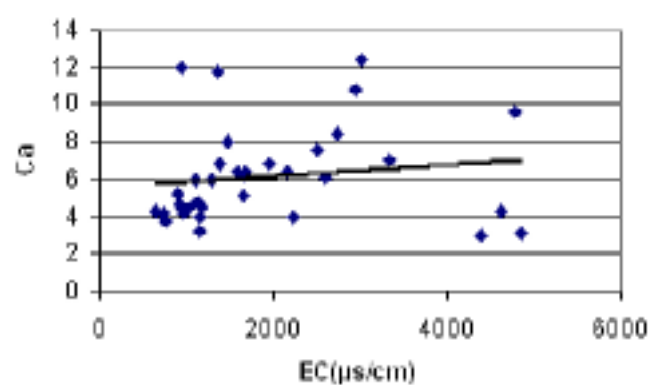
همچنین به همین منظور، نقشه تغییرات هدایت الکتریکی از خرداد ماه ۱۳۷۴ تا خرداد ماه ۱۳۸۶ در شکل ۵ - ۷، ترسیم شده است. طبق این نقشه مقدار هدایت الکتریکی در مدت ده سال در قسمت های میانی دشت افزایش، قسمت های شرق و جنوب شرق ثابت و قسمت های غربی دشت مقدار آن کاهش یافته است. در قسمت مرکز دشت افزایش هدایت الکتریکی می‌تواند بدلیل افزایش بهره برداری در این منطقه باشد.



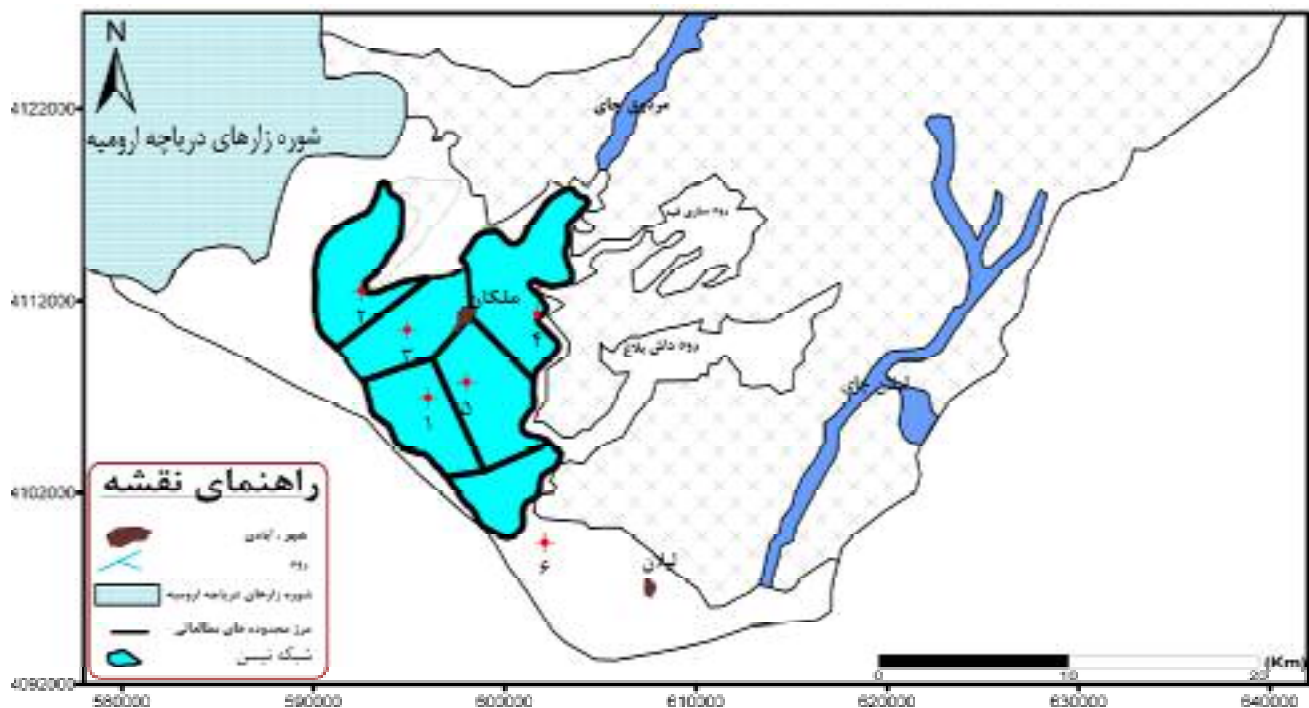
شکل ۵ - ۲. نقشه منحنی هم‌تراز هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر) خرداد ۱۳۸۶



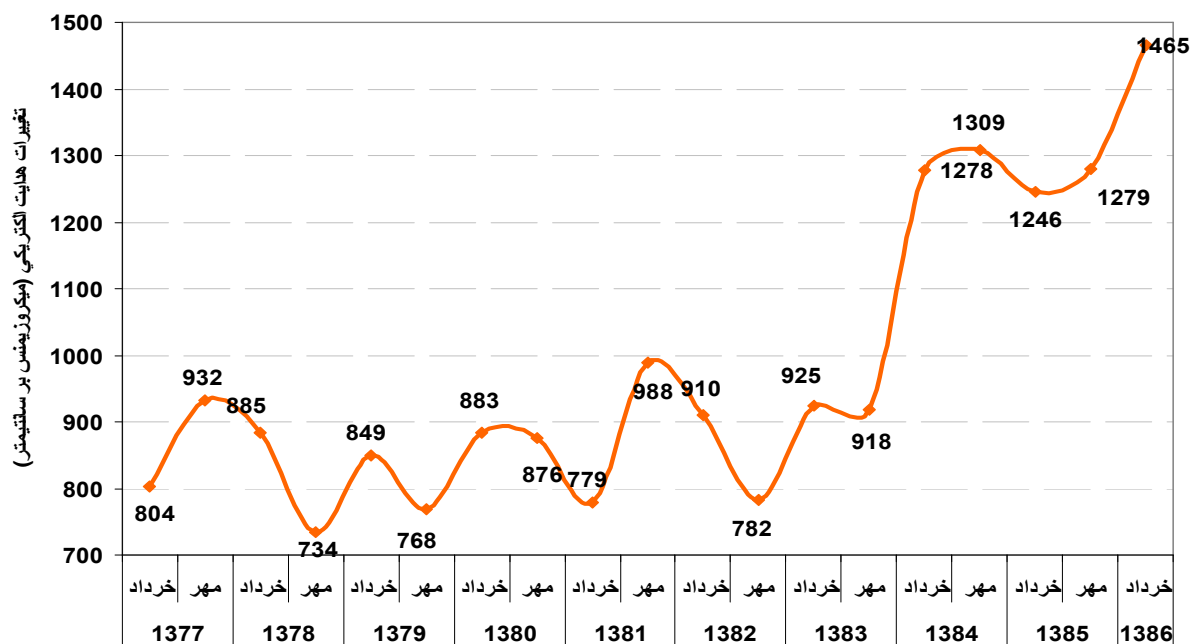
شکل ۵ - ۳. نقشه منحنی هم‌تراز هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر) شهریور ماه ۱۳۸۵



شکل ۵ - ۴. رابطه بین یونها و هدایت الکتریکی در دشت ملکان



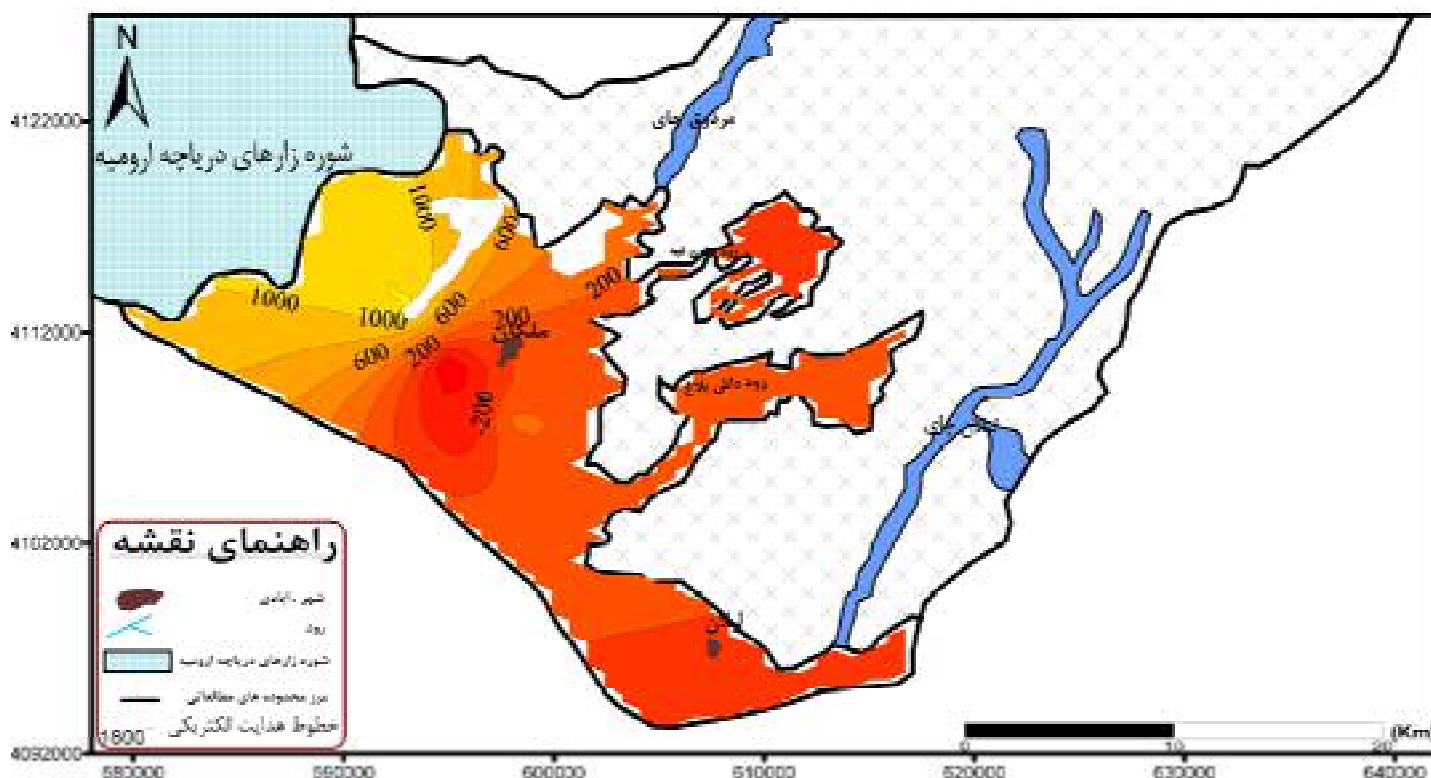
شکل ۵ - ۵. شبکه تیسن کیفی دشت ملکان



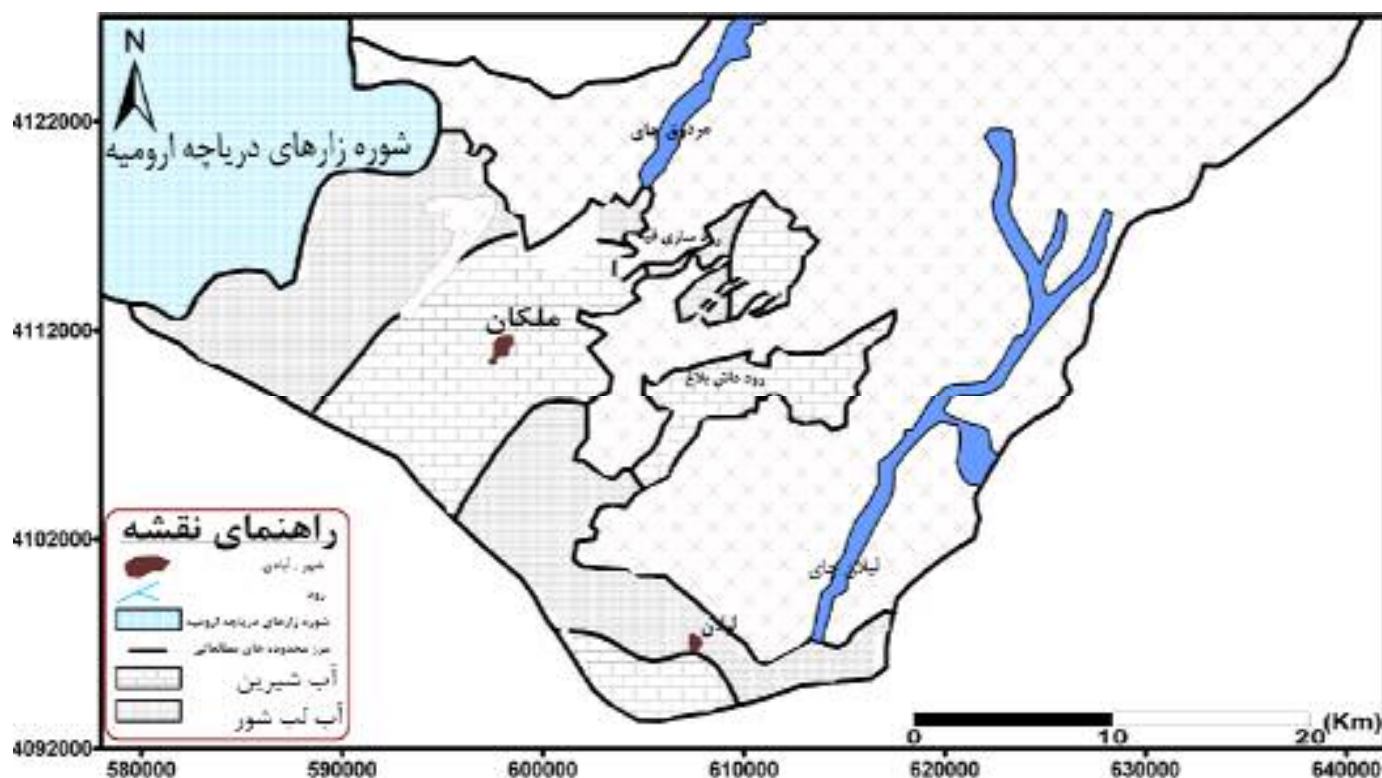
شکل ۵ - ۶. متوسط تغییرات هدایت الکتریکی دشت ملکان با استفاده از روش تیسن

۵-۳-۲ - باقیمانده خشک (TDS)

TDS از مجموع اجزاء یونی شامل Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- و NO_3^- محاسبه می‌شود. این یونها ۹۰ درصد از TDS در آب طبیعی را تشکیل می‌دهند (Freeze & Cherry, 1979). در قسمتهای بیشتر دنیا آب‌زیرزمینی سطحی در منطقه تغذیه، دارای مقدار TDS کمتری از آبهای زیرزمینی منطقه عمیق و مناطق تخلیه در همان سیستم است. بطور کلی مقدار TDS معمولاً بر حسب میلی‌گرم بر لیتر بیان می‌شود و با هدایت الکتریکی رابطه مستقیمی دارد که در بحث بعدی به آن خواهیم پرداخت. جدول ۵ - ۱ تقسیم بندی منابع آب‌زیرزمینی منطقه را بر اساس نمونه‌های برداشتی جهت آنالیز شیمیایی را نشان می‌دهد. بر اساس تقسیم بندی فوق ۵۱ درصد نمونه‌ها دارای تیپ آب شیرین و ۴۹ درصد نمونه‌ها دارای تیپ آب لب شور می‌باشند. مقدار TDS هیچ نمونه‌آبی در دشت ملکان، بالای ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیست. همچنین نقشه پراکندگی TDS در نقاط مختلف دشت ملکان تهیه شد (شکل ۵ - ۸).



شکل ۵ - ۷. نقشه تغییرات دراز مدت هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر)



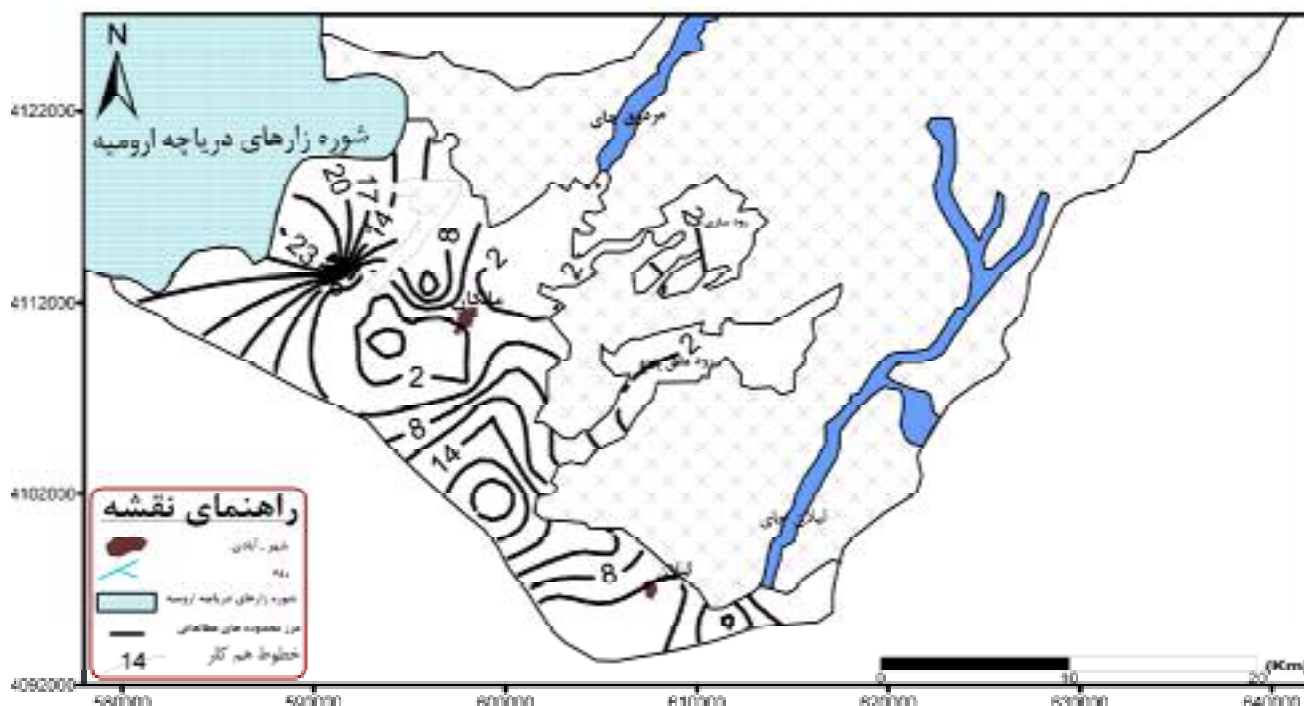
شکل ۵ - ۸. نقشه پراکندگی انواع آبها بر مبنای TDS در نقاط مختلف دشت ملکان (میلی گرم بر لیتر)

جدول ۵ - ۱. تعداد و درصد های نمونه های آب زیرزمینی در دشت ملکان بر اساس مقادیر TDS

T.D.S.(mg/lit)	تعداد و درصد های نمونه های آب در منطقه	نوع و تیپ آب
۰-۱۰۰۰	۱۸، ۵۱٫۴۳٪	آب شیرین
۱۰۰۰-۱۰۰۰۰	۱۷، ۴۸٫۵۷٪	آب لب شور
۱۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	-	آب شور
>۱۰۰۰۰۰	-	آب نمک

۵ - ۳ - ۳ - کلر

یون کلرید (Cl^-)، یکی از مهمترین آنیون‌های موجود در آب است. از آنجائی که یون کلرید عمده‌تاً بصورت ترکیبات سدیم و منیزیم در طبیعت وجود دارد و با توجه به حلالیت قابل توجه این ترکیبات در آب، مقادیر قابل ملاحظه‌ای از آن در آبهای زیرزمینی نیز وجود دارد. شکل‌های ۵ - ۱۰ و ۵ - ۱۱ بترتیب نقشه هم‌تراز کلر دشت ملکان را در خرداد ماه ۱۳۸۶ و شهریور ماه ۱۳۸۵ نشان می‌دهد. با توجه به نقشه ۵ - ۱۰ میزان کلر در ناحیه جنوب شهر ملکان پایین‌تر از سایر نقاط است و حداقل مقدار آن ۱ میلی‌اکی‌والان بر لیتر و حداکثر آن در نزدیکی شوره زارهای دریاچه ارومیه تا حدود ۳۴ میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌رسد.

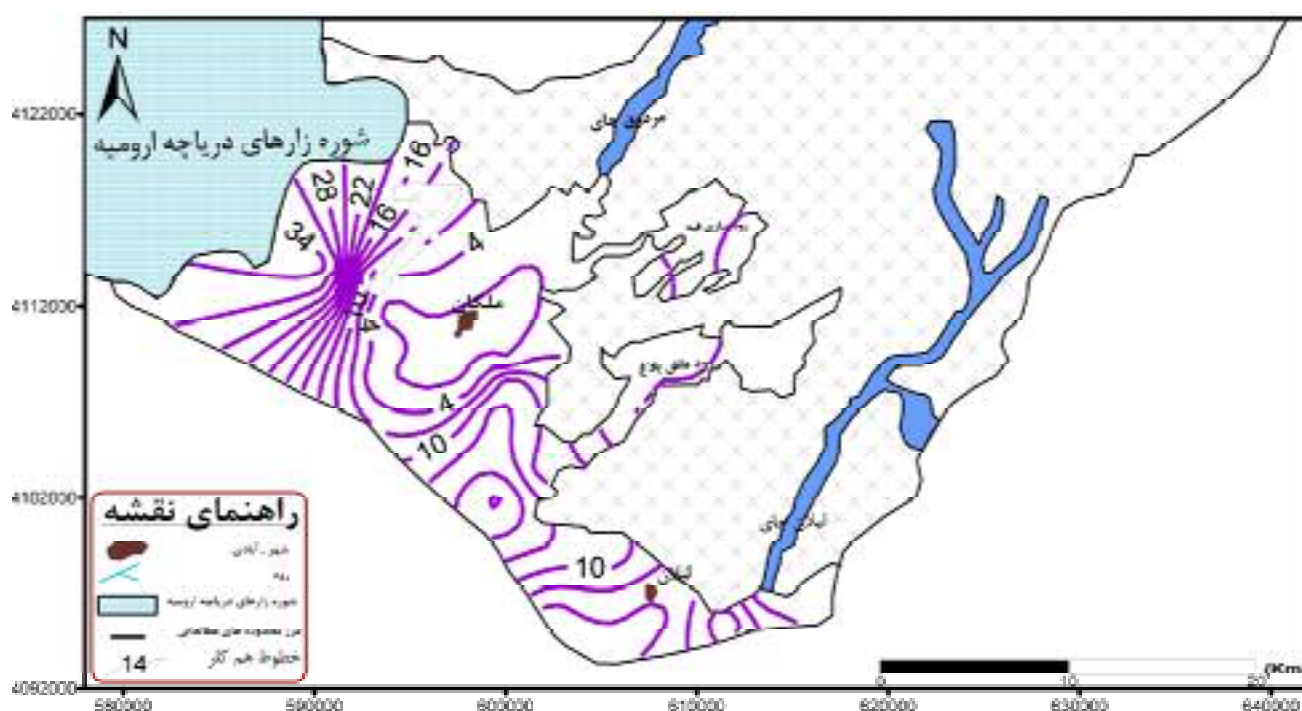


شکل ۵ - ۱۰. نقشه هم‌تراز کلر (میلی اکی‌والان بر لیتر) دشت ملکان در خرداد ماه ۱۳۸۶

در نواحی نزدیک رودخانه‌ها منابع آب زیرزمینی بدلیل تغذیه از آبهای سطحی دارای کلر کمتری می‌باشد. در جنوب شرقی دشت، آبهای زیرزمینی بدلیل وجود تشکیلات مارنی دارای کلر بالایی می‌باشند. مقایسه نقشه‌های هم‌تراز کلر شهریور ماه ۱۳۸۵ و خرداد ماه ۱۳۸۶ نشان می‌دهد که در

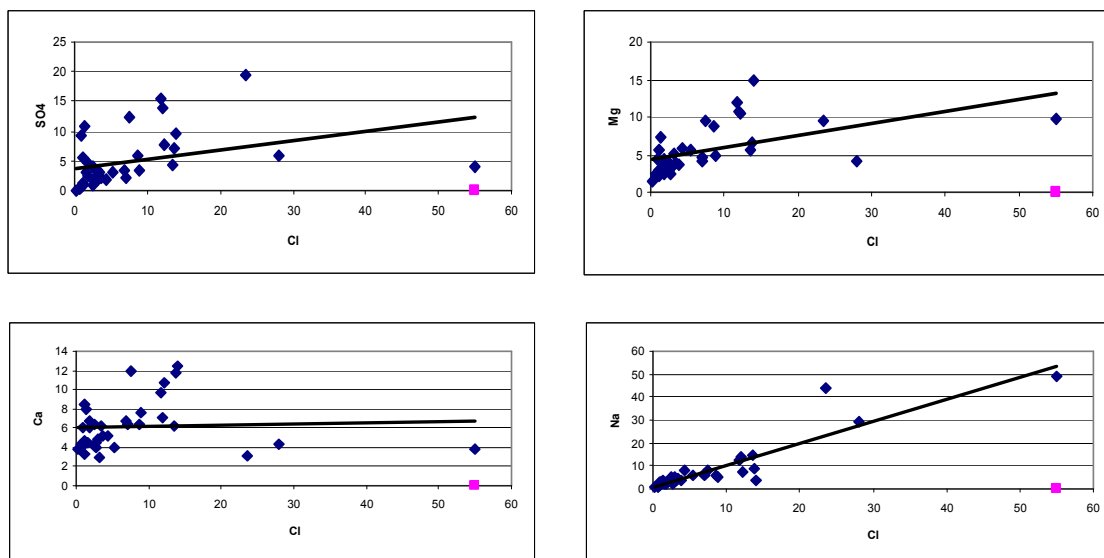
شهریور ۱۳۸۶ میزان کلر در کل دشت افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهد. بطور کلی در قسمت هایی که برداشت از آبهای زیرزمینی زیاد است میزان کلر افزایش یافته ولی در قسمت های بالا دست دشت، مناطق تغذیه رودخانه ای، میزان کلر در طول فصل تغییر چندانی نکرده است. در مناطق نزدیک حواشی شوره زارهای دریاچه ارومیه میزان کلر افزایش چشمگیری دارد، بطوری که مقدار آن از ۲۳ میلی اکی والان بر لیتر به ۳۴ میلی اکی والان بر لیتر افزایش یافته است.

همچنین در شکل ۵ - ۱۲ رابطه کلر با سدیم، منیزیم، کلسیم و سولفات موجود در آب زیرزمینی مقایسه که نشان از ضریب همبستگی بالا بین این یونها می باشد. با تفسیر نمودارها مشاهده می شود که در محل های تخلیه بدلیل تماس طولانی آبهای زیرزمینی با سنگهای سفره در طول مسیر و دانه ریز شدن رسوبات، مقدار کلر افزایش می یابد. همچنین نمونه های برداشت شده از حواشی شوره زارهای دریاچه ارومیه دارای کلر بالایی می باشند.



شکل ۵ - ۱۱. نقشه هم تراز کلر (میلی اکی والان بر لیتر) دشت ملکان در شهریور ماه ۱۳۸۵

با توجه به زهکش دار بودن منطقه و تبخیر بالا از آب زیرزمینی در طول تابستان، مناطق تبخیری دارای کلر بالایی می باشند. همچنین افزایش کلر ممکن است در اثر هجوم آب دریاچه ارومیه به سمت شوره زارها و آب شوره زارها به سمت سفره ساحلی باشد. وجود NaCl یا هالیت در آب زیرزمینی بیانگر تغذیه از سازندهای نمکی از قبیل مارن نمکدار و یا رسوبات تبخیری و همچنین پدیده تبخیر از آب زیرزمینی می باشد.



شکل ۵ - ۱۲. رابطه کلر با سدیم، منیزیم، کلسیم و سولفات (میلی اکوی والان برلیتر) در آبهای زیرزمینی دشت

ملکان در خرداد ۱۳۸۶

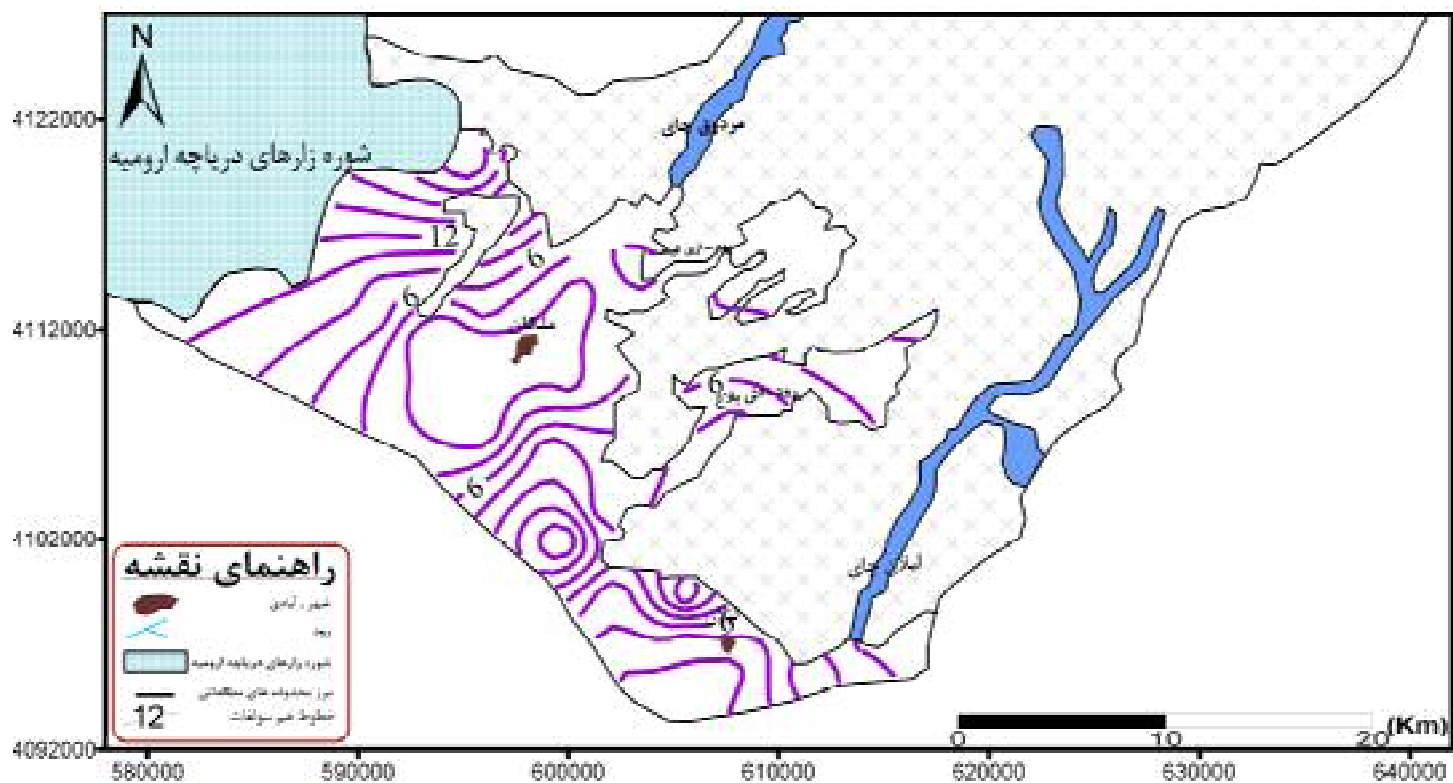
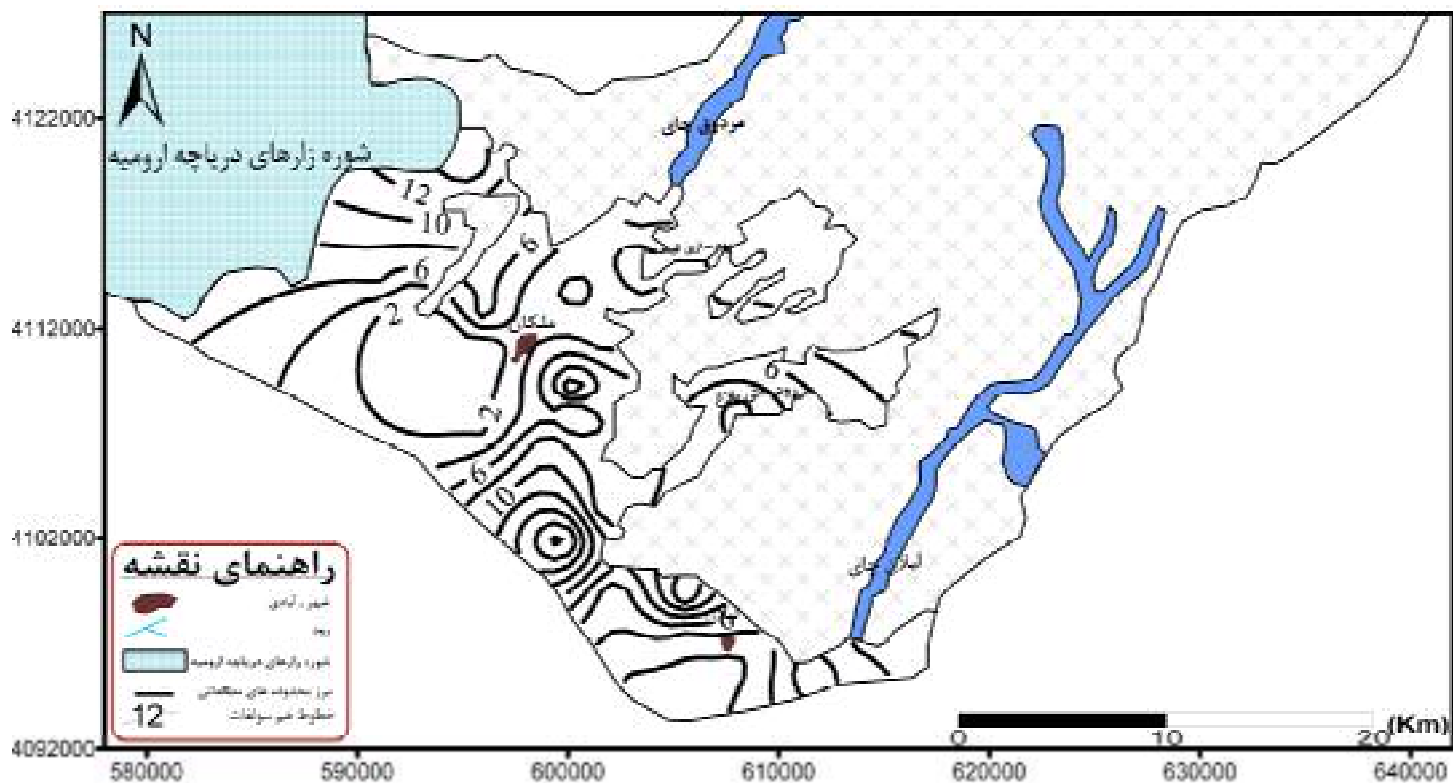
۵ - ۳ - ۴ - سولفات

یون سولفات دومین آنیون مهم موجود در آب اقیانوسها و دریاها است. عمدتاً بصورت سولفاتهای منیزیم، کلسیم و پتاسیم یافت می شود. مهمترین منبع ورود این یون در آبهای طبیعی سولفیدهای فلزاتی نظیر آهن، نیکل، مس، روی و سرب می باشد. این سولفیدها در اثر شرایط جوی و رطوبت مناسب اکسید شده و به سولفات تبدیل می شوند و در نهایت در اثر انحلال در آبهای جاری، به آبهای زیرزمینی وارد می شوند. حضور سولفات باعث افزایش سختی آب می گردد (Fresenius. et. al. 1988). شکل ۵ - ۱۳ و ۵ - ۱۴ بترتیب نقشه هم تراز سولفات را برای خرداد ماه ۱۳۸۶ و شهریور ماه ۱۳۸۵ دشت ملکان نشان می دهد. با توجه به نقشه های مذکور بیشترین مقدار سولفات مربوط به مناطق شمال غرب و جنوب شرقی دشت است. دلیل افزایش سولفات در این بخشها عمدتاً تغذیه از سازندهای تبخیری نظیر مارن گچ و نمکدار و فضولات شهری و دامداری است. در حاشیه شوره

زارهای دریاچه ارومیه احتمال وجود بقایایی از رسوبات دریایی، سنک گف مارنی در عمق ۲۰ متری و هجوم آب دریاچه به سمت سفره های ساحلی، سولفات تا ۱۵ میلی اکی والان بر لیتر در این نواحی افزایش یافته است.

همچنین مقایسه دو نقشه مزبور نشان می دهد که در شهریور ماه ۱۳۸۵ و خرداد ماه ۱۳۸۶، میزان سولفات در حواشی شوره زارهای دریاچه ارومیه افزایش یافته است. افزایش سولفات ناشی از تبخیر زیاد با دمای بالا در طول تابستان نشأت می باشد. همچنین احتمال دارد با افزایش بهره برداری در طول فصل خشک از منابع آبهای زیرزمینی در این قسمت از دشت و کم آب شدن آب سفره آب شوره زارهای دریاچه به سمت سفره پیشروی کند.

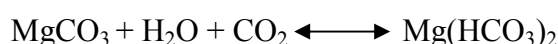
همانطور که در نقشه ها مشاهده می شود مقدار آنومالی های سولفات از قسمت جنوب شرق دشت به سمت شمال غرب دارای روند مشخصی است. با توجه به قرار گرفتن دشت ملکان در نزدیکی رسوبات کرتاسه و وجود آنومالی سولفات می توان احتمال داد که پی سنگ دشت ملکان شیلی و در ادامه رسوبات شیلی کرتاسه می باشد و منشأ سولفات در منطقه به شیل ها نسبت داده می شود. همچنین شاید بتوان با استفاده از آنومالی های سولفات مرز مشخصی برای حد کوه و دشت با توجه به جنس سازندها تعیین کرد.



۵ - ۳ - ۵ - منیزیم

در سنگهای رسوبی، منیزیت و دولومیت کانی های اصلی منیزیم دار می باشند. بنابراین در اغلب سنگهای آهکی همواره مقداری منیزیم وجود دارد.

کربنات منیزیم در حضور اسید کربنیک موجود در آب بصورت بی کربنات محلول در آب می باشد.

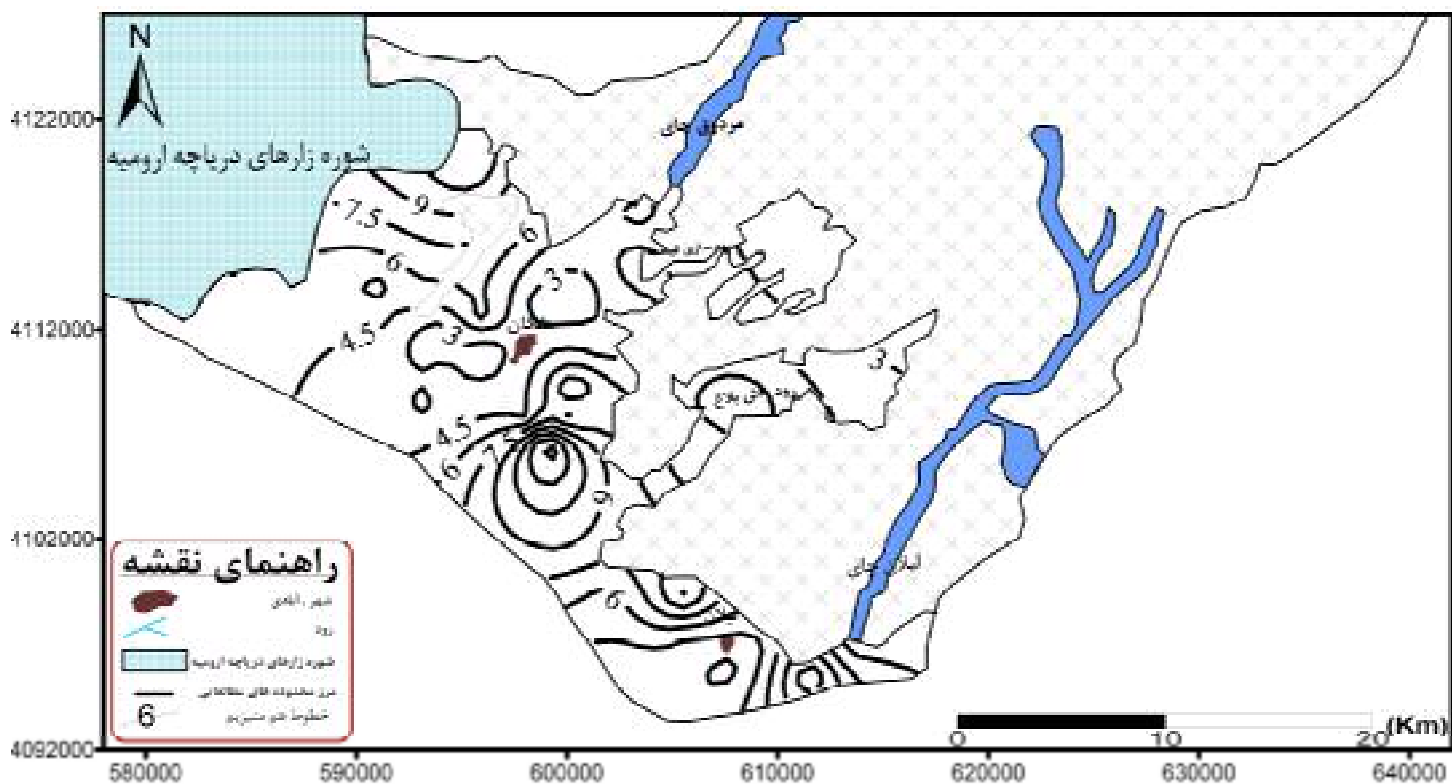


در بیشتر آبهای زیرزمینی غلظت منیزیم حدود چند صد قسمت در میلیون است. با توجه به فراوانی کلسیت، مقدار کلسیم در آبهای زیرزمینی اغلب بیش از منیزیم است. در آبهای شور سدیم دار میزان انحلال کربنات کلسیم کمتر از کربنات منیزیم است. بطوری که نسبت کلسیم به منیزیم در آبهای شور دریا معادل ۱ به ۵ است. از این رو آبهای زیرزمینی ساحلی که مقدار منیزیم بالایی دارند ممکن است توسط آب شور دریایی آلوده شده باشند (Stuyzand, 1992).

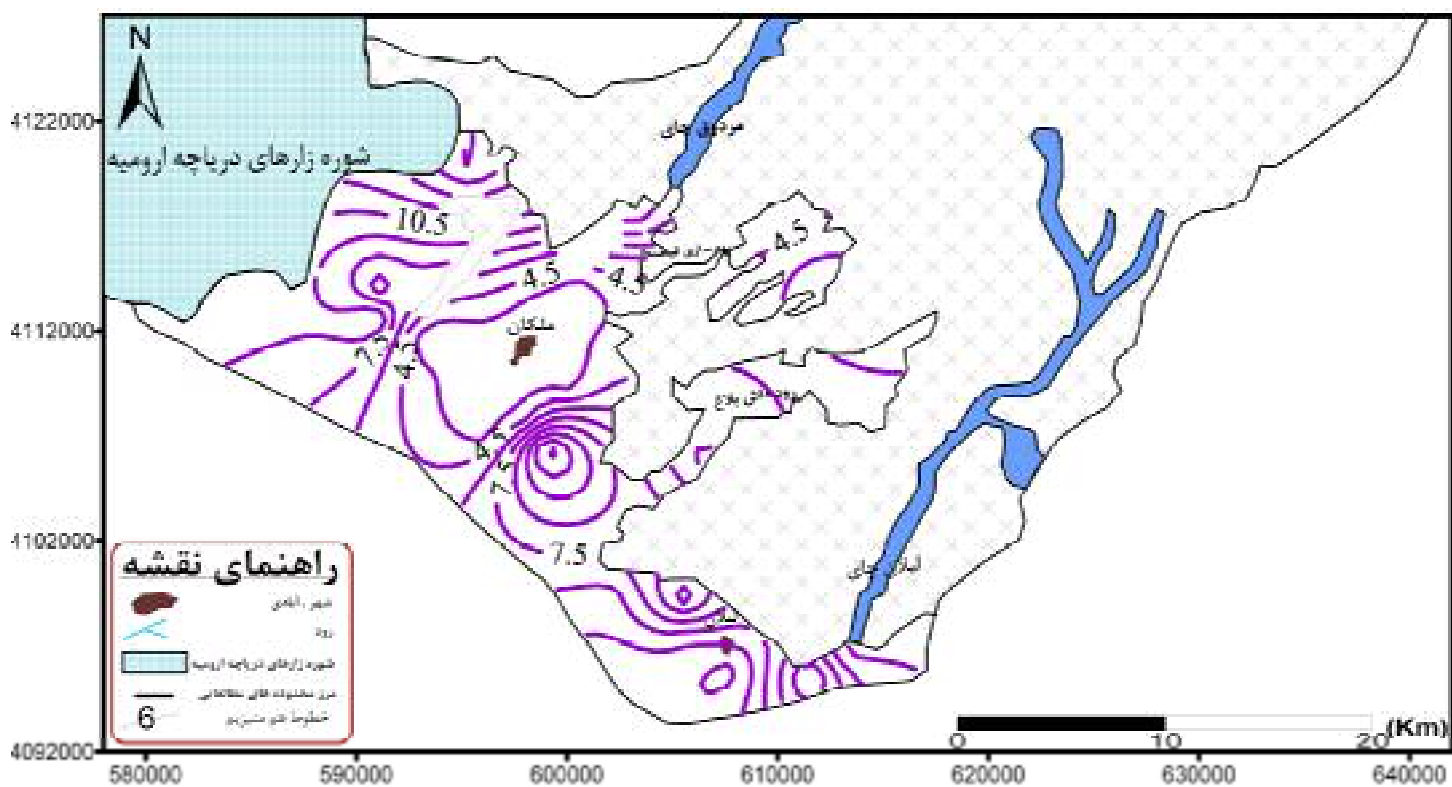
شکل های ۵ - ۱۵ و ۵ - ۱۶ بترتیب نقشه هم تراز منیزیم دشت ملکان را برای خرداد ماه ۱۳۸۶ و شهریور ماه ۱۳۸۵ نشان می دهد. طبق این نقشه ها مقدار منیزیم افزایش قابل توجهی در طول دو دوره آنالیز نشان می دهد. همزمان با افزایش بهره برداری در طول تابستان مقدار منیزیم بالا رفته که نشان دهنده پیشروی آب شوره زارهای دریاچه به سفره ساحلی می باشد. همچنین مقدار منیزیم از قسمت جنوب شرقی دشت به سمت شمال غربی دارای روند مشخصی است. این روند مشابه روند سولفات در همان مسیر است. با توجه به بیشتر بودن رسوبات رسی در منطقه منشأ احتمالی منیزیم می تواند از رس نیز باشد. رسها بدلیل دارا بودن مقادیر زیادی از ایلیت و کلراید دارای منیزیم بالایی می باشند.

تعیین همبستگی بین سولفات و سایر عناصر

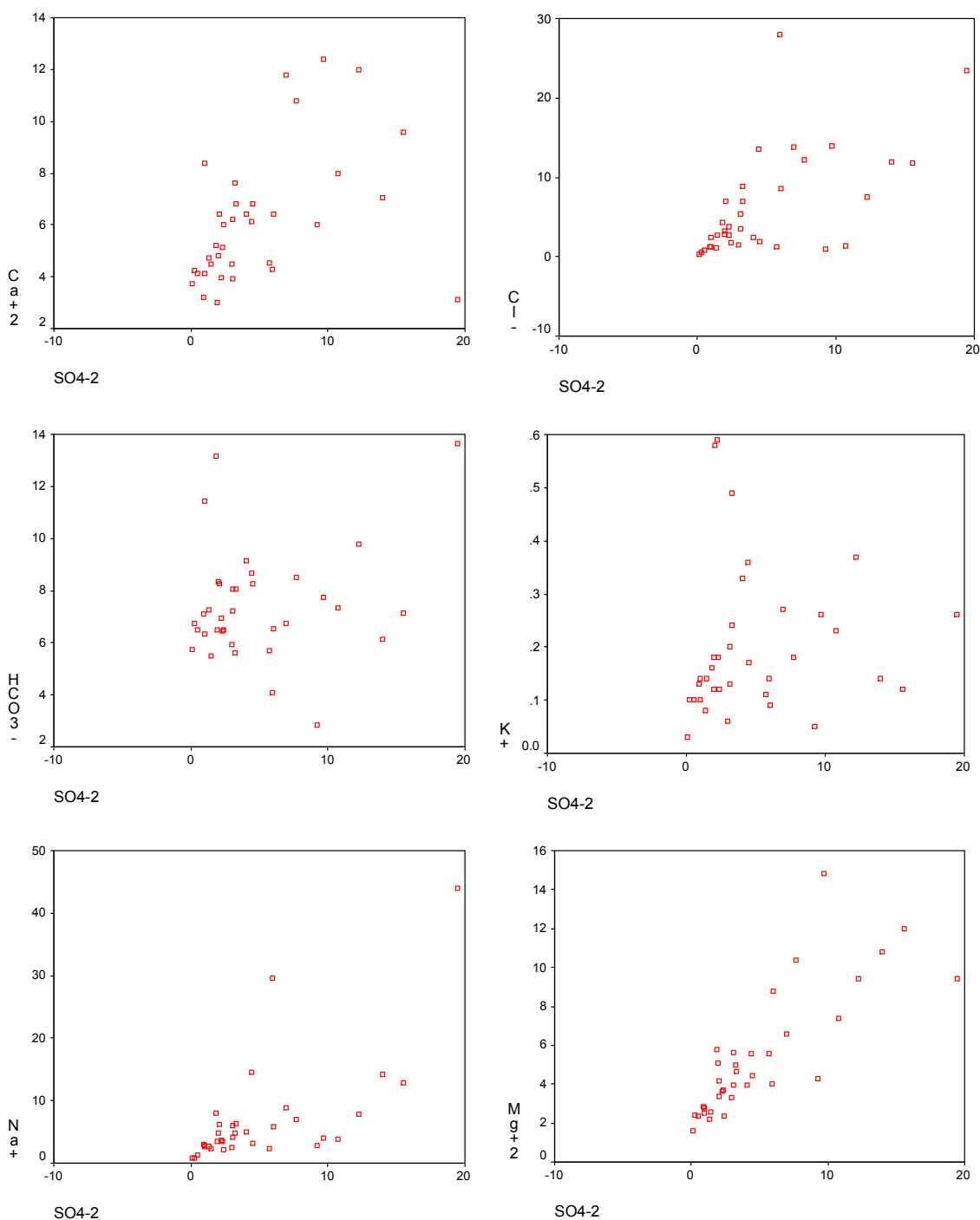
جهت تعیین همبستگی و ارتباط ژنتیکی بین سولفات و تعدادی عناصر از نمودارهای آماری دو متغیره بین سولفات و سایر عناصر استفاده گردید، تمامی واحدها در اشکال زیر بر حسب میلی اکی والان بر لیتر می باشند (شکل ۵ - ۱۷).



شکل ۵ - ۱۵. نقشه هم‌تراز منیزیم (میلی اکی والان بر لیتر) دشت ملکان در خرداد ماه ۱۳۸۶



شکل ۵ - ۱۶. نقشه هم‌تراز منیزیم (میلی اکی والان بر لیتر) دشت ملکان در شهریور ماه ۱۳۸۵



شکل ۵ - ۱۷. نمودارهای آماری دو متغیره بین سولفات و تعدادی عناصر

با توجه به شکل ۵ - ۱۷ بررسی نمودارهای دو متغیره بین سولفات با تعدادی عناصر نشان می دهد که بیشترین رابطه خطی به ترتیب بین SO_4^{2-} با Mg^{2+} ، Na^+ ، Cl^- و Ca^{+2} می باشد. برای سایر عناصر که همبستگی های پایینی را با SO_4^{2-} نشان می دهند نمودارهای دو متغیره پراکندگی، نشان می دهند.

همچنین برای تعیین ضرایب همبستگی بین عناصر مختلف از روش ناپایداری اسپیرمن استفاده شد (جدول ۵ - ۲).

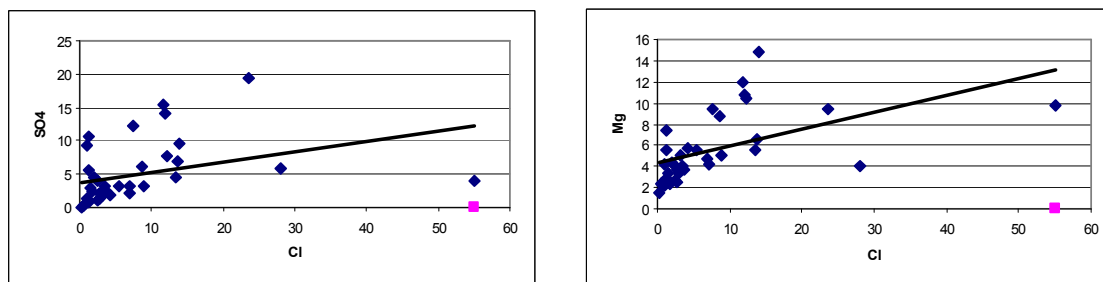
جدول ۵ - ۲. ضرایب همبستگی بین عناصر مختلف به روش اسپیرمن

	Na+	Mg+2	Ca+2	SO4-2	Cl-	HCO3-	K+
Na+	1.000	.749	.378	.657	.882	.432	.603
Mg+2	.749	1.000	.525	.846	.738	.284	.406
Ca+2	.378	.525	1.000	.567	.393	.322	.370
SO4-2	.657	.846	.567	1.000	.634	.141	.350
Cl-	.882	.738	.393	.634	1.000	.242	.589
HCO3-	.432	.284	.322	.141	.242	1.000	.501
K+	.603	.406	.370	.350	.589	.501	1.000

بر اساس تقسیم بندی های انجام شده اگر ضرایب همبستگی بین دو متغیر > 0.8 باشد، همبستگی بین آنها بسیار بالا، بین 0.8 تا 0.6 بالا، بین 0.6 تا 0.4 متوسط و < 0.4 همبستگی ضعیف می باشد (حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۸۰).

مطابق جدول ۵ - ۲. آنیون سولفات بیشترین ضرایب همبستگی را به ترتیب با کاتیون منیزیم (0.846)، کاتیون سدیم (0.657)، آنیون کلر (0.634) و کاتیون کلسیم (0.567) دارد. بر پایه تقسیم بندی های انجام شده (حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۸۰) همبستگی آنیون سولفات با منیزیم بسیار بالا و با سدیم، کلر و کلسیم بالا می باشد. این همبستگی ها احتمالاً مربوط به منشأ تشکیل سولفات و منیزیم باشد که هر دو می توانند در شیل و مارن ها وجود داشته باشند. همچنین میزان بالای این دو عنصر را می توان به منشأ حاصل از آب های فسیلی و رسوبات ته نشستی از دریاچه های قدیمی نسبت داد.

با ترسیم نمودارهای منیزیم نسبت به کلر و سولفات نسبت به کلر (شکل ۵ - ۱۸) مشاهده می شود که روند صعودی این یونها نسبت به هم به ترکیب آب دریا متمایل می شود. با نزدیک شدن نمونه های برداشته شده از سمت شوره زارهای دریاچه ارومیه نسبت آنیونها و کاتیونها با همدیگر همخوانی خوبی با نسبت نمونه آب دریاچه دارد. نمونه برداشت شده از روستای یولقونلو در آخرین نقطه نمودار واقع شده و آبهای زیرزمینی این منطقه مشابه با آب دریاچه می باشد. این تشابه نشانگر نفوذ احتمالی آب دریاچه در طول زمان های طولانی به این قسمت از سفره می باشد (Mazor, 2005).



شکل ۵ - ۱۸. رابطه بین سولفات، منیزیم و کلر

۵ - ۳ - ۶ - نمودارهای ترکیبی

در مطالعات هیدروژئوشیمی به منظور تشخیص نوع فرآیندهای شیمیایی و تعیین منشأ و اختلاط آبها از نمودارهای ترکیبی یا دو متغیره استفاده می شود. شکل ۵ - ۱۹. نمودارهای ترکیبی دشت ملکان را برای خرداد ماه ۱۳۸۶ نشان می دهد. طبق این نمودارها مقدار منیزیم و کلسیم با افزایش TDI افزایش می یابد. این امر می تواند ناشی از وجود کربنات و ژئوپس در زون اشباع و همچنین کربنات کلسیم و کربنات منیزیم در منطقه باشد. بر طبق (Mazor, 2004) اگر در نمودار بی کربنات نسبت به TDI، مقدار بی کربنات بیش از ۱۰ میلی اکوی والان برلیتر باشد نشان دهنده وجود سنگ آهک و دولومیت در منطقه است. مقدار آلودگی سولفات در مقایسه با بی کربنات در نمودارها کمتر است. با افزایش TDI آلودگی سولفات بیشتر می شود که این نشان دهنده وجود ژئوپس در منطقه و یا آب شیرین با آب شور می باشد. با نزدیک شدن به شوره زارها، مقدار سدیم و کلراید به شدت در مقایسه با TDI افزایش می یابد، این می تواند در اثر انحلال (NaCl) در آبهای منطقه باشد (Mazor, 2005).

جهت تعیین فرآیندهای غالب در ایجاد ترکیب شیمیایی نمونه های آبهای زیرزمینی از نمودارهای دو متغیره $Mg^{2+} + Ca^{2+}$ در مقابل $HCO_3^- + SO_4^{2+}$ و $(HCO_3^- + SO_4^{2+}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$ در مقابل $Na^+ - Cl^-$ استفاده می شود.

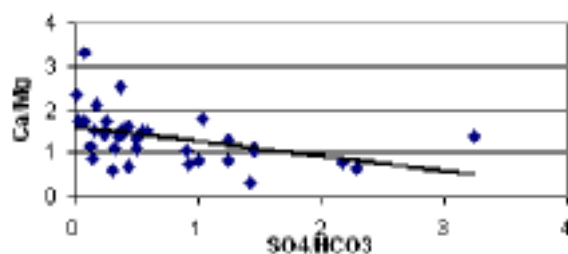
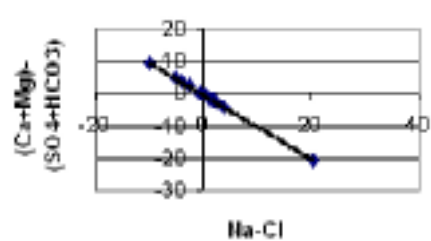
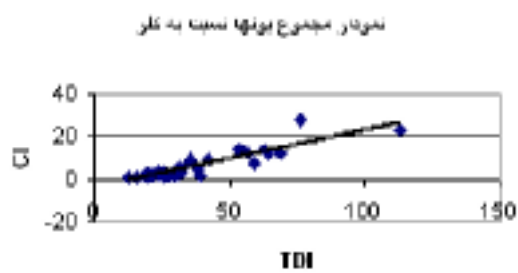
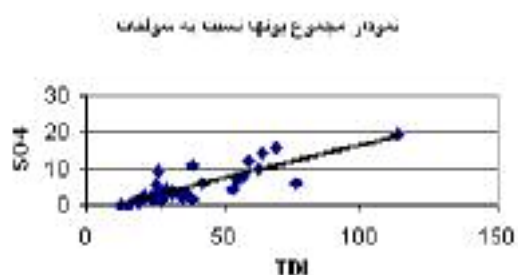
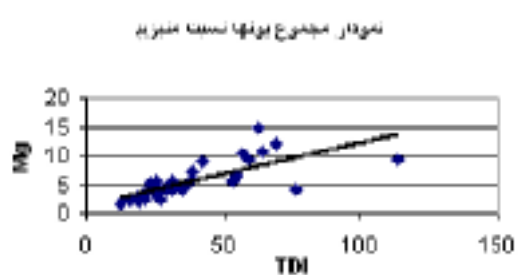
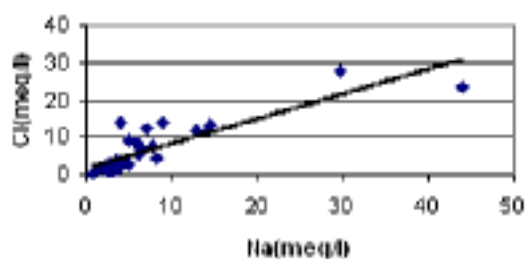
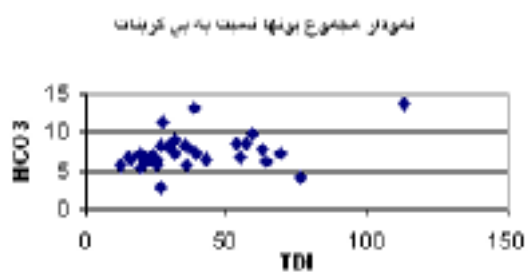
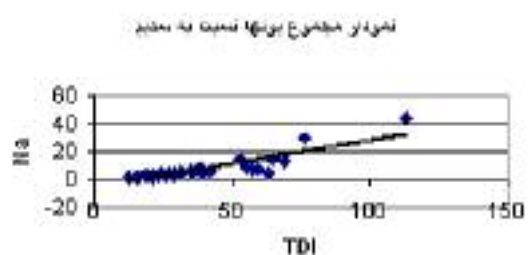
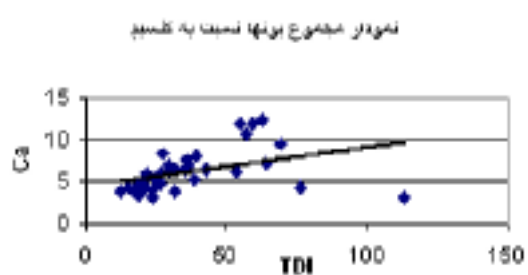
در نمودار دو متغیره $Mg^{2+} + Ca^{2+}$ در مقابل $HCO_3^- + SO_4^{2+}$ خط نشان دهنده غالب بودن انحلال ژئوپس، کلسیت و دولومیت است. اگر غلظت $HCO_3^- + SO_4^{2+}$ در نمونه هایی که روی خط راست قرار می گیرند کمتر از ۱۰ meq/l باشد غالب انحلال کلسیت و دولومیت، و در صورتیکه این غلظت بیشتر از ۱۰ meq/l باشد غالب انحلال ژئوپس می باشد. در نمونه هایی که در پایین و بالای خط قرار

می گیرند به ترتیب فرآیند تبادل یونی و تبادل یونی معکوس غالب می باشد (Mazor, 2005). با توجه به نمودار مذکور غلظت نمونه هایی که بر روی خط راست قرار گرفته اند کمتر از ۱۰ meq/l است. این نمونه ها مربوط به به نواحی تغذیه می باشند و انحلال کلسیت صورت گرفته است. نمونه هایی که در پایین خط راست قرار گرفته اند فرآیند غالب در اینها تبادل یونی است. نمونه هایی که در بالای خط راست قرار می گیرند مربوط به قسمت انتهایی دشت هستند که دانه ریز شدن رسوبات، وجود کانی های رسی و احتمال نفوذ آب شور امکان انجام این واکنش را فراهم آورده است. در نمودار $(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ در مقابل $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ ، اگر انحلال کلسیت، دولومیت یا ژپس رخ دهد مقدار باید به صفر نزدیک شود. فرآیند تبادل یونی و تبادل یونی معکوس در نمونه های واقع بر خط با شیب منفی یک صورت گرفته است (Mazor, 2005). تمامی نمونه های آبهای زیرزمینی دشت ملکان بر روی خط تبادل یونی قرار گرفته اند. نمونه های واقع در خط تبادل یونی معکوس نمونه های مناطق تخلیه و همچنین نواحی حواشی شوره زارها می باشد. نمونه مربوط به خط تبادل یونی مربوط به ناحیه تغذیه می باشد.

۵ - ۳ - ۷ - تعیین تیپ آبهای زیرزمینی دشت ملکان

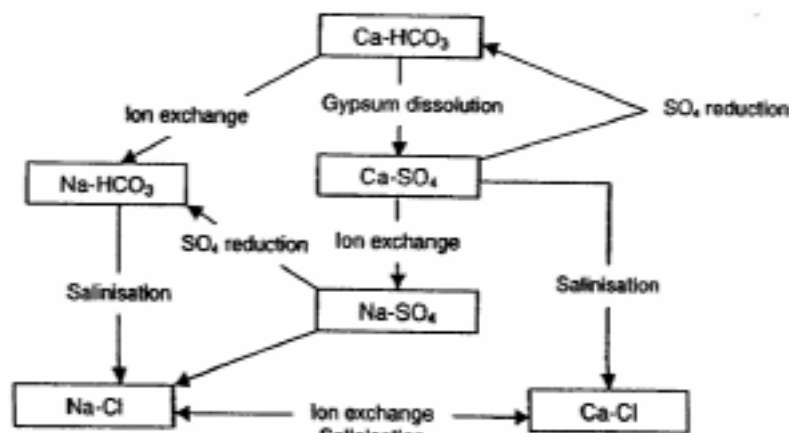
آبهای زیرزمینی در حین عبور از لایه ها و مواد متشکله آن، مقداری از املاح موجود در مسیر را حل و در عین حال تبادلات یونی نیز با مواد تشکیل دهنده لایه ها انجام می دهد. بنابر این مقادیر مواد محلول آن نسبت به املاح محیط سریعاً تغییر می نماید و ممکن است در اثر تبادلات نسبت یکی بیشتر از دیگری تغییر کند. چیبوتارو (Chebotarev) در سال ۱۹۵۵ در مقاله کلاسیک خود نتیجه گیری کرد آب زیرزمینی از نظر شیمیایی، از طرف مناطق تغذیه به سمت مناطق تخلیه به ترکیب آب دریا متمایل می شود. او مشاهده کرد که این تکامل معمولاً همراه با تغییرات منطقه ای در آنیون های غالب در آبهای زیرزمینی است.

همچنین در تهیه نقشه های تیپ آبهای زیرزمینی، با توجه به اینکه آنیون های HCO_3^- ، SO_4^{2-} و Cl^- از تشکیل دهنده های پرتحرک آبهای زیرزمینی هستند و علاوه بر آن معرف اصلی جهت بررسی منشأ آن می باشند، لذا اساس کلاسه بندی آبهای زیرزمینی قرار گرفته اند و کاتیون ها از اولویت دوم برخوردارند.



شکل ۵ - ۱۹. نمودارهای ترکیبی دشت ملکان در خرداد ماه ۱۳۸۶

شکل ۵ - ۲۰. خلاصه‌ای از فرآیندهای شیمیایی که باعث تغییرات تیپ آب‌زیرزمینی می‌شود، نشان می‌دهد (Adams et. al, 2001).



شکل ۵ - ۲۰. خلاصه‌ای از فرآیندهای شیمیایی موثر در تغییرات تیپ آب‌زیرزمینی (Adams et. al, 2001)

شکل ۵ - ۲۱ نقشه تیپ آبهای زیرزمینی دشت ملکان را برای شهریور ماه ۱۳۸۵ نشان می‌دهد که با ملاحظه نقشه فوق موارد زیر قابل تفسیر خواهد بود:

۱ - در منطقه شمال شرقی و مرکز دشت ملکان آبهای زیرزمینی دارای تیپ بی کربناته است. دلایل آن عبارتند از: آبهای زیرزمینی در راه خود از تشکیلاتی نظیر تشکیلات مارنی و تبخیری عبور نکرده است و فاصله آب‌زیرزمینی از محل تغذیه آن (رودخانه های ساری قیه، داش بلاغ و مردوق چای) کم می باشد، همجواری با رسوبات کنگلومرا که باعث افزایش سرعت حرکت آبهای زیرزمینی و پایین آمدن TDS می شوند، تبخیر برروی آب‌زیرزمینی این منطقه اثری ندارد و همچنین بیشتر بودن ضخامت زون اشباع در این منطقه از آبخوان باعث بهتر بودن کیفیت آبهای زیرزمینی در این منطقه می شود.

۲ - در مناطق شمال شرقی، حوالی رودخانه های ساری قیه و داش بلاغ، بعلت تغذیه از تشکیلات شیلی کرتاسه و در منطقه جنوب شرقی بعلت تغذیه از رسوبات نوع مارنی ژیبس‌دار و نمکدار، باعث سولفاته شدن تیپ آبهای زیرزمینی در این قسمت شده است. همچنین در شمال غرب دشت ملکان،

حواشی شوره زارهای دریاچه ارومیه، وجود سنگ کف از نوع مارنی با عمق کم باعث تغذیه آبهای زیرزمینی از رسوبات مذکور شده و سولفات‌ها شدن تیپ آب را بدنبال خواهد داشت.

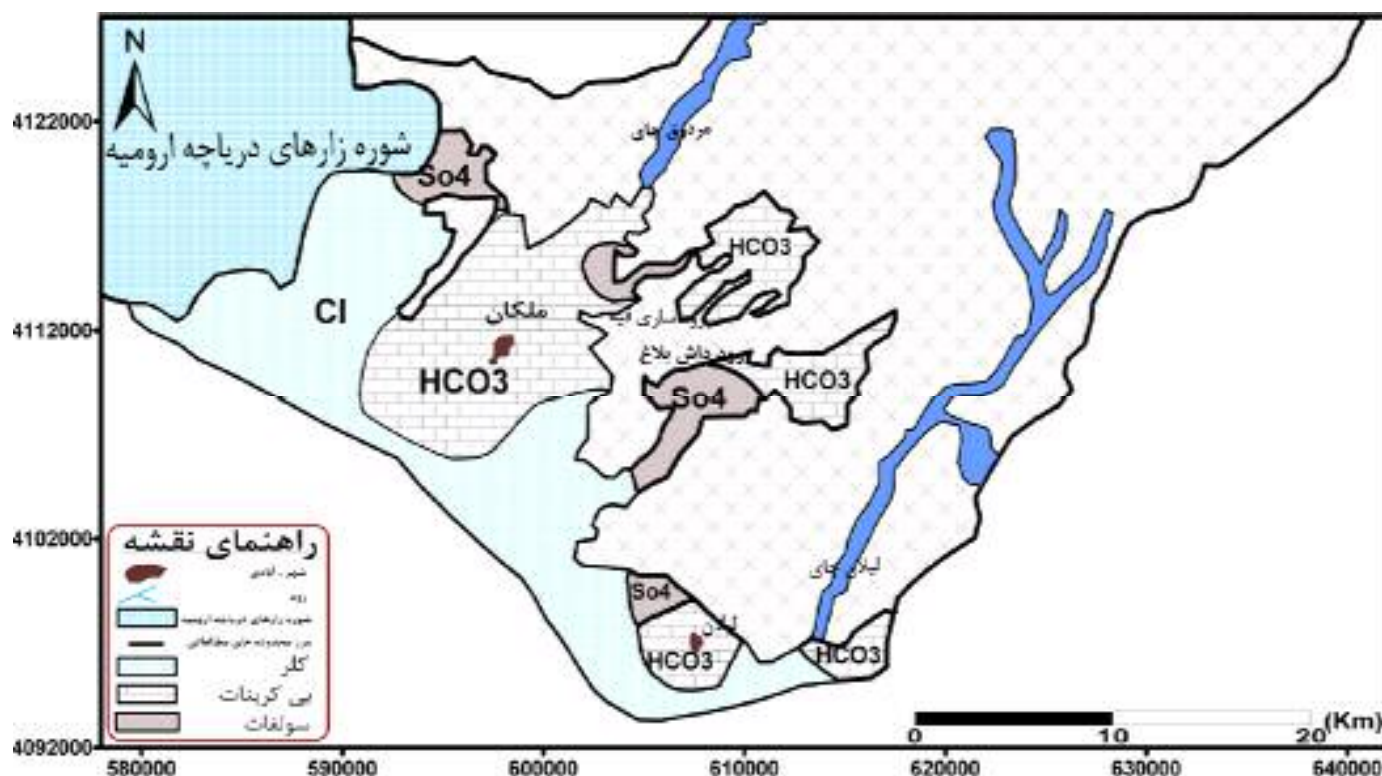
۳ - در منطقه جنوب شرقی، جنوب غربی و غرب دشت ملکان دلیل کلروره بودن تیپ آبهای زیرزمینی را می‌توان دور بودن از محل تغذیه، تبخیر سطحی آب زیرزمینی، قرار گرفتن در محل‌های تخلیه رودخانه لیلان چای و در نهایت دریاچه ارومیه، پایین بودن سرعت حرکت آب زیرزمینی، وجود رسوبات دانه‌ریز نظیر رس و هجوم آب شور دریاچه ارومیه به سمت سفره با افزایش بهره‌برداری از سفره دانست.

در حالت کلی حرکت آب زیرزمینی منطقه‌ای از شمال شرق به جنوب غرب و سپس جنوب شرق به سمت غرب دشت و در امتداد مسیر رودخانه لیلان چای بوده و در مسیر خود طبق توالی تکامل یونهای اصلی عمل کرده و ترکیب آن از بی‌کربنات به سولفات و سپس به کلراید تغییر می‌کند. ولی در برخی مناطق وجود رسوبات مارنی این روند کلی را بهم زده است.

تعیین تیپ آبهای زیرزمینی دشت ملکان با استفاده از دیاگرام پایپر^۱

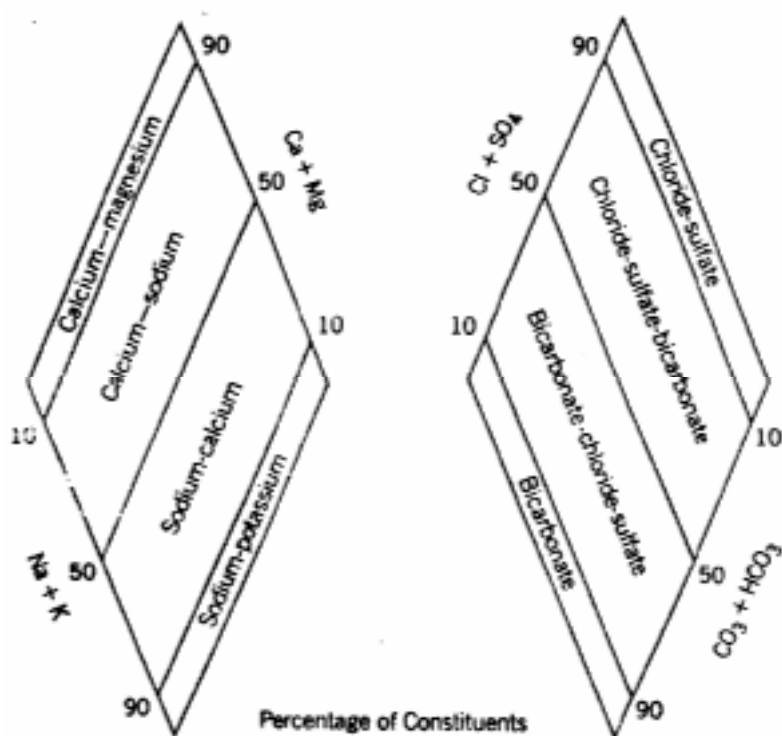
جهت تعیین تیپ آبهای زیرزمینی از دیاگرام پایپر (Piper) که حالت بسط داده شده نمودار هیل (Hill) می‌باشد، استفاده شده است. با استفاده از این نمودار می‌توان تعداد زیادی آنالیز را در یک دیاگرام نشان داد. نحوه استفاده از این دیاگرام‌ها بدین ترتیب می‌باشد که کاتیون‌ها بصورت درصدی از کل کاتیون‌ها و بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر در مثلث سمت چپ و آنیون‌ها نیز به همان صورت در مثلث سمت راست رسم می‌شوند. سپس از نقطه کاتیونی موازی با محور منیزیم و از نقطه آنیونی موازی با محور سولفات به سطح لوزی که در وسط دو تا مثلث قرار گرفته‌اند، خطوط مستقیمی یکی برای آنیون و دیگری برای کاتیون امتداد می‌یابد و تقاطع این دو خط، نشان دهنده ترکیب یون اصلی بر پایه درصد می‌باشد (Fetter, 1990).

1.piper

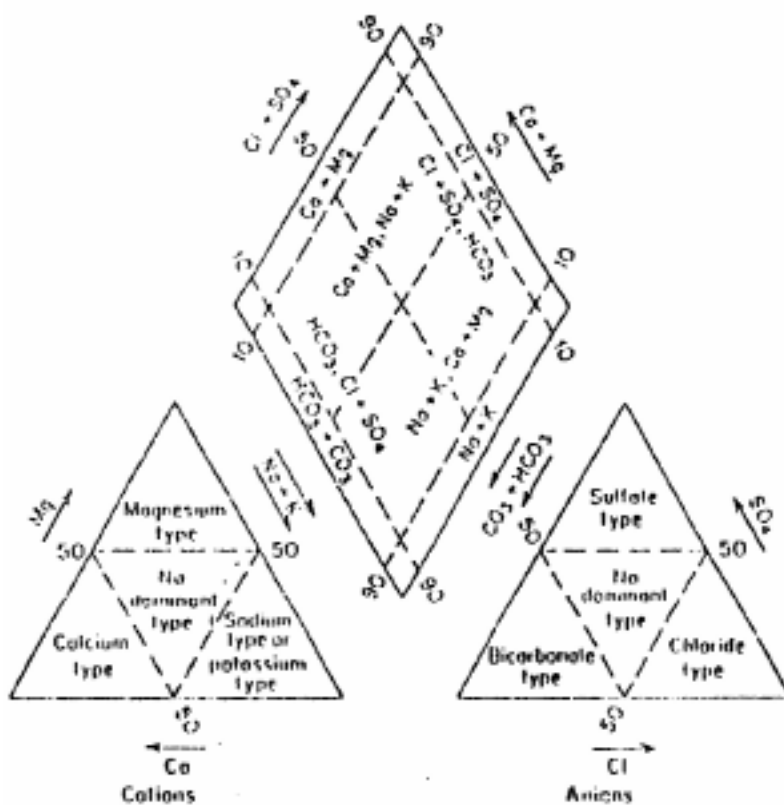


شکل ۵ - ۲۱. نقشه تیپ آبهای زیرزمینی دشت ملکان در شهریور ماه ۱۳۸۵

دیاگرام پایپر مشخصات شیمیایی آب را بر حسب غلظت نسبی اجزاء آن، نه بر حسب غلظت مطلق آنها نشان می‌دهد، با استفاده از آن می‌توان خیلی سریع به نوع آب پی برد. آقای بک (Back, 1966) در سال ۱۹۶۱ مطابق شکل ۵ - ۲۲ دو مدل را برای دیاگرام پایپر تعریف و طبقه‌بندی نمود. یکی از مدل‌ها برای آنیون‌ها و دیگری بر کاتیون‌ها می‌باشد. با استفاده از این دیاگرام‌ها می‌توان پیشرفت تغییرات در شیمی کاتیون‌ها و آنیون‌ها را در جهت مسیر جریان سیستم جریان آبهای زیرزمینی بررسی کرد (Domenico & Schwartz, 1990). همچنین آقای بک (Back, 1966) در سال ۱۹۶۶ مدل دیگری را ارائه نمود و میدان لوزی شکل را مطابق شکل ۵ - ۲۳ تقسیم‌بندی نمود.

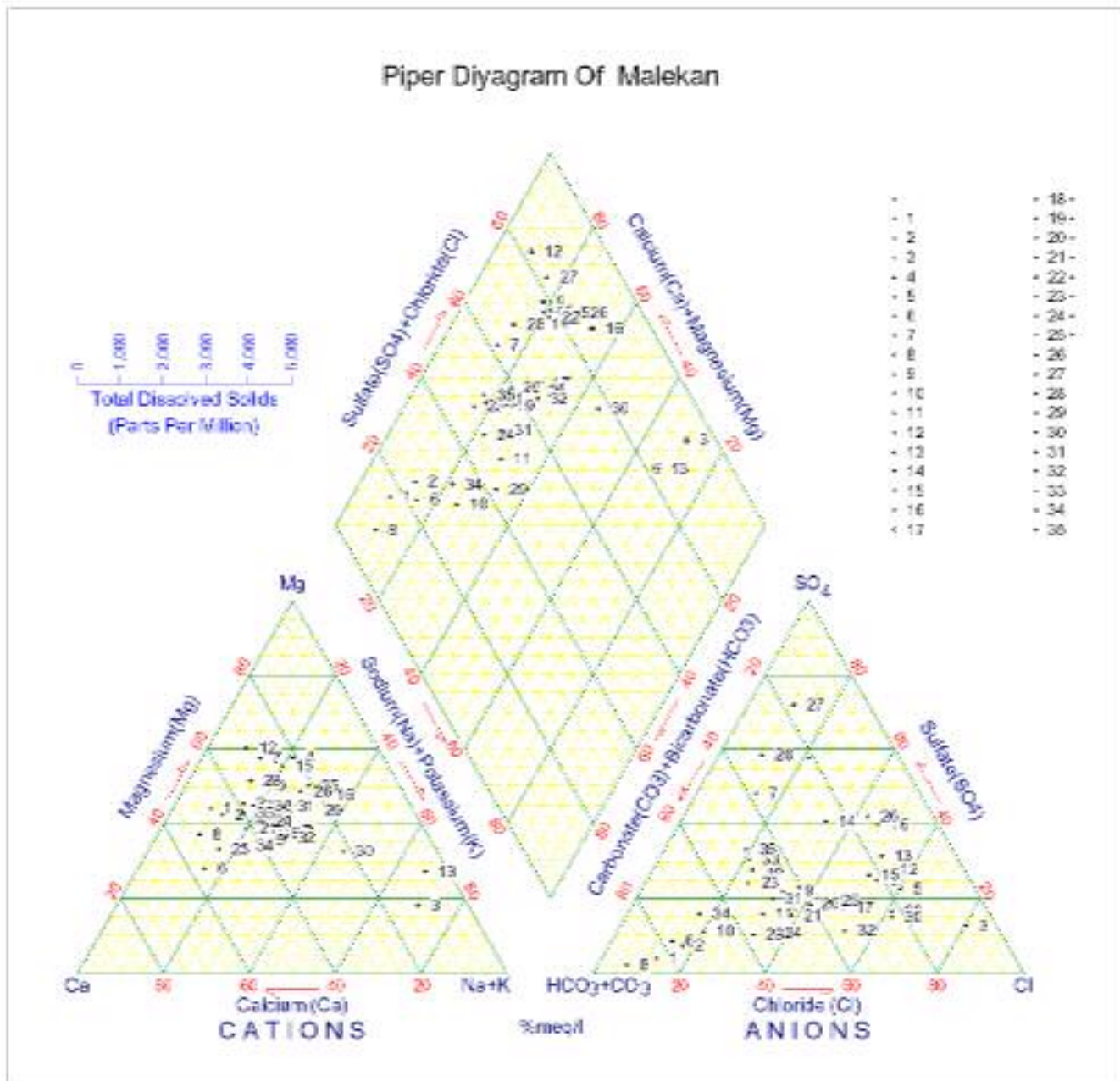


شکل ۵ - ۲۲. الگوی جهت طبقه‌بندی آبها بر اساس کاتیون‌ها و آنیون‌ها (Back, 1961)



شکل ۵ - ۲۳. دیاگرام آنالیز آب که تیپ‌های هیدروشیمی را بر حسب درصد از کل اکی‌والانت بر میلیون نشان می‌دهد (Back, 1966).

در شکل ۵ - ۲۴ نمونه‌های برداشت شده از آبهای زیرزمینی دشت ملکان در خرداد ماه ۱۳۸۶ در دیاگرام پایپر پلات شده اند.



شکل ۵ - ۲۴. دیاگرام پایپر نمونه‌های آبهای زیرزمینی خرداد ماه ۱۳۸۶

با توجه به داده های پلات شده در دیاگرام پایپر و ضمیمه (ح) موارد زیر قابل تفسیر می باشد:

۱ - در ورودی رودخانه ساری قیه، لیلان چای و قسمتهای مرکزی دشت ترکیب آبهای زیرزمینی از نوع بی کربناته کلسیک است.

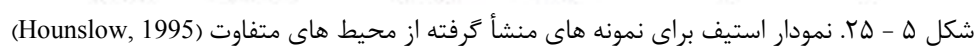
۲ - در قسمتهای ورودی رودخانه های ساری قیه و داش بلاغ به دشت ترکیب آبهای زیرزمینی از نوع سولفاته کلسیک و همچنین در حواشی شوره زارهای دریاچه ارومیه ترکیب آبهای زیرزمینی از سولفاته سدیک است.

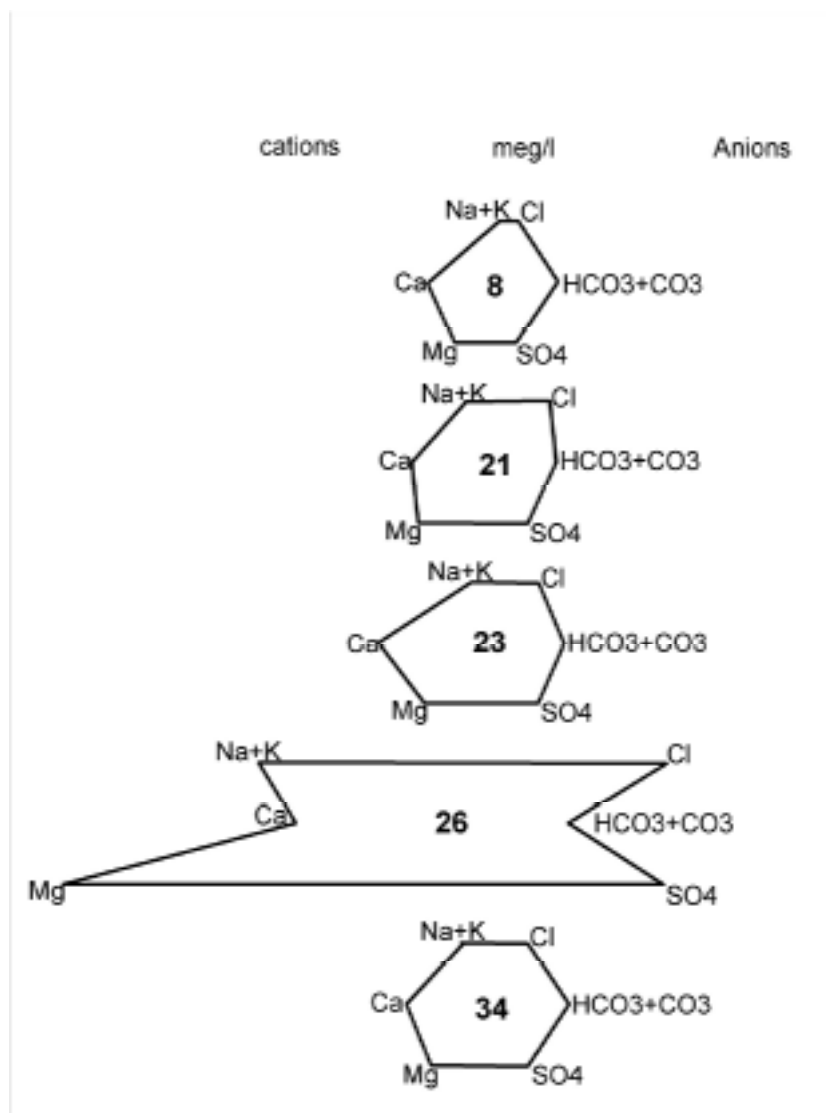
۳ - در حواشی رودخانه لیلان چای و مناطق خروجی ترکیب آبهای زیرزمینی، از نوع کلروه سدیک است.

۵ - ۴ - تعیین منشأ آب زیرزمینی با استفاده از دیاگرام استیف^۲

یکی از روش های مناسب برای مقایسه ترکیب شیمیایی نمونه های آبهای زیرزمینی دیاگرام استیف می باشد. با توجه به شکل کلی بدست آمده از دیاگرام استیف می توان تا حدی به محیط منشأ (نوع سنگها یا رسوبات) آبهای زیرزمینی پی برد. شکل ۵ - ۲۵ نمودار استیف را برای نمونه های منشأ گرفته از محیط های متفاوت را نشان می دهد (Hounslow, 1995). نمودار استیف در شکل ۵ - ۲۶. الف و ب، برای نواحی مختلف دشت ترسیم شده است. طبق دیاگرام ها نمونه های آبهای زیرزمینی برداشت شده از چاههای شماره ۶، ۲۳ و ۳۴ (قسمت بالای شهرستان ملکان و بخش ورودی رودخانه مردوق چای به دشت) دارای سنگ منشأ آهک و کیفیت خوب می باشند. نمونه های برداشت شده از چاههای شماره ۱، ۲، ۸ و ۲۱ (قسمت پایین شهرستان ملکان، ابتدا رودخانه ساری قیه و جنوب لیلان) دارای سنگ منشأ دولومیت و کیفیت مناسب می باشند. نمونه برداشت شده از چاه شماره ۵ (واقع در روستای شرازول) دارای منشأ شیلی و کیفیت متوسط می باشد. نمونه های برداشت شده از چاههای شماره ۳ و ۲۶ (حاشیه شوره زارهای دریاچه ارومیه و مناطق تخلیه آبهای زیرزمینی) دارای منشأ شورابه های قدیمی و کیفیت نامناسب می باشد.

2. Stiff





ب

شکل ۵ - ۲۶. الف، ب. نمودار استیف برای نواحی مختلف دشت ملکان

۵ - ۵ - کیفیت آبهای زیرزمینی دشت ملکان از نظر شرب

برای تعیین کیفیت آبهای زیرزمینی از نظر شرب از دیاگرام شولر^۳ (Schoeller) استفاده می کنند. با توجه به مقیاس لگاریتمی، از نظر سرعت عمل، سهولت مقایسه و نمایش تعداد زیادی نمونه در یک دیاگرام، نمایش غلظت یونها از اهمیت خاصی برخوردار است. در این دیاگرام مقادیر یونها در ستونهای قائم نشان داده می شوند و تقسیمات ستونها لگاریتمی است و عناصر اصلی به میلی گرم بر لیتر یا ppm نمایش داده شده و می توان جهت نشان دادن تفاوت تیپهای مختلف آب زیرزمینی از آن

3. Schoeller

استفاده کرد (Hounslow, 1995). در شکل های ۵ - ۲۷ الف الی ۵ - ۲۷ ت، دیاگرام های شولر برای نمونه های آبهای زیرزمینی دشت ملکان در خرداد ماه ۱۳۸۶ ترسیم شده است. نتایج به شرح زیر می باشد:

۱- قسمت های مرکزی دشت و حاشیه رودخانه های ساری قیه و داش بلاغ بدلیل تغذیه از آبهای سطحی، بیشتر بودن ضخامت رسوبات آبرفتی و عدم وجود سازندهای تبخیری، در مجموع از مقدار هدایت الکتریکی و باقیمانده خشک کمتری برخوردار بوده و از این جهت آب زیرزمینی این مناطق صرف نظر از آلودگی از نظر املاح دارای کیفیت خوبی برای شرب می باشد.

۲- در نواحی مرکزی و خروجی دشت در حوالی روستای آقنماز کیفیت آبهای زیرزمینی جهت شرب، در حد قابل قبول می باشد. در برخی موارد مجموع مواد محلول و سختی آن نسبتاً بالا است.

۳- در نزدیکی شوره زارهای دریاچه ارومیه، روستای یولقونلوو قسمت بالای آن، جنوب شرقی شهرستان ملکان و قسمت شمال غرب لیلان، آبهای زیرزمینی دارای کیفیت نامناسب برای آشامیدن می باشد و میزان باقیمانده خشک، سدیم و کلر نمونه ها بالاتر از حد مجاز است.

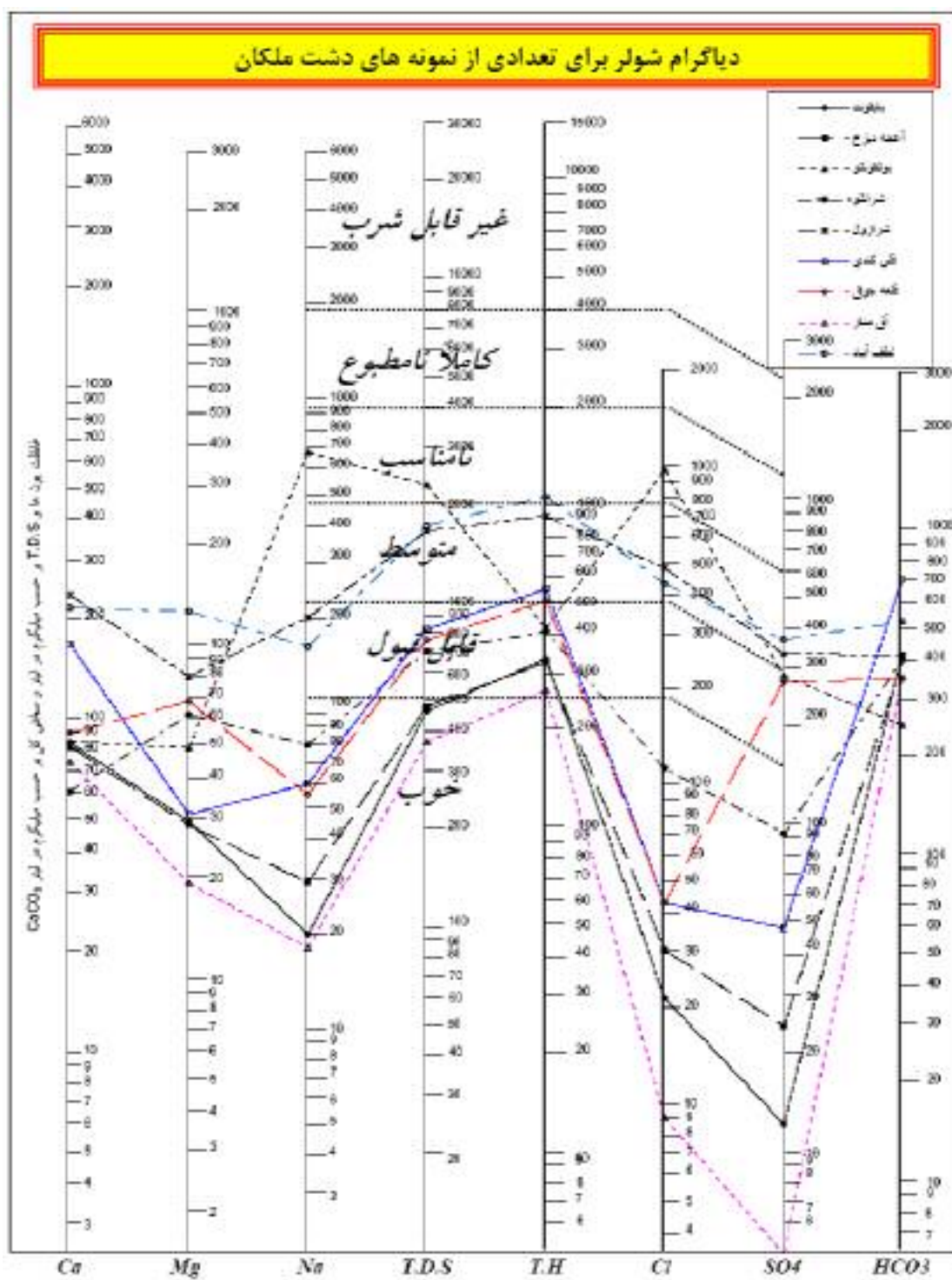
۴- در روستاهای شرازول، لطف آباد، حسین آباد و امیر غایب مقدار املاح محلول بالا بوده و کیفیت آب برای شرب در حد متوسط می باشد.

برای تشخیص بهتر کیفیت آبهای زیرزمینی دشت ملکان از نظر آب آشامیدنی، در شکل ۵ - ۲۸. نقشه کیفی آبهای زیرزمینی در خرداد ماه ۱۳۸۶ تهیه شده است.

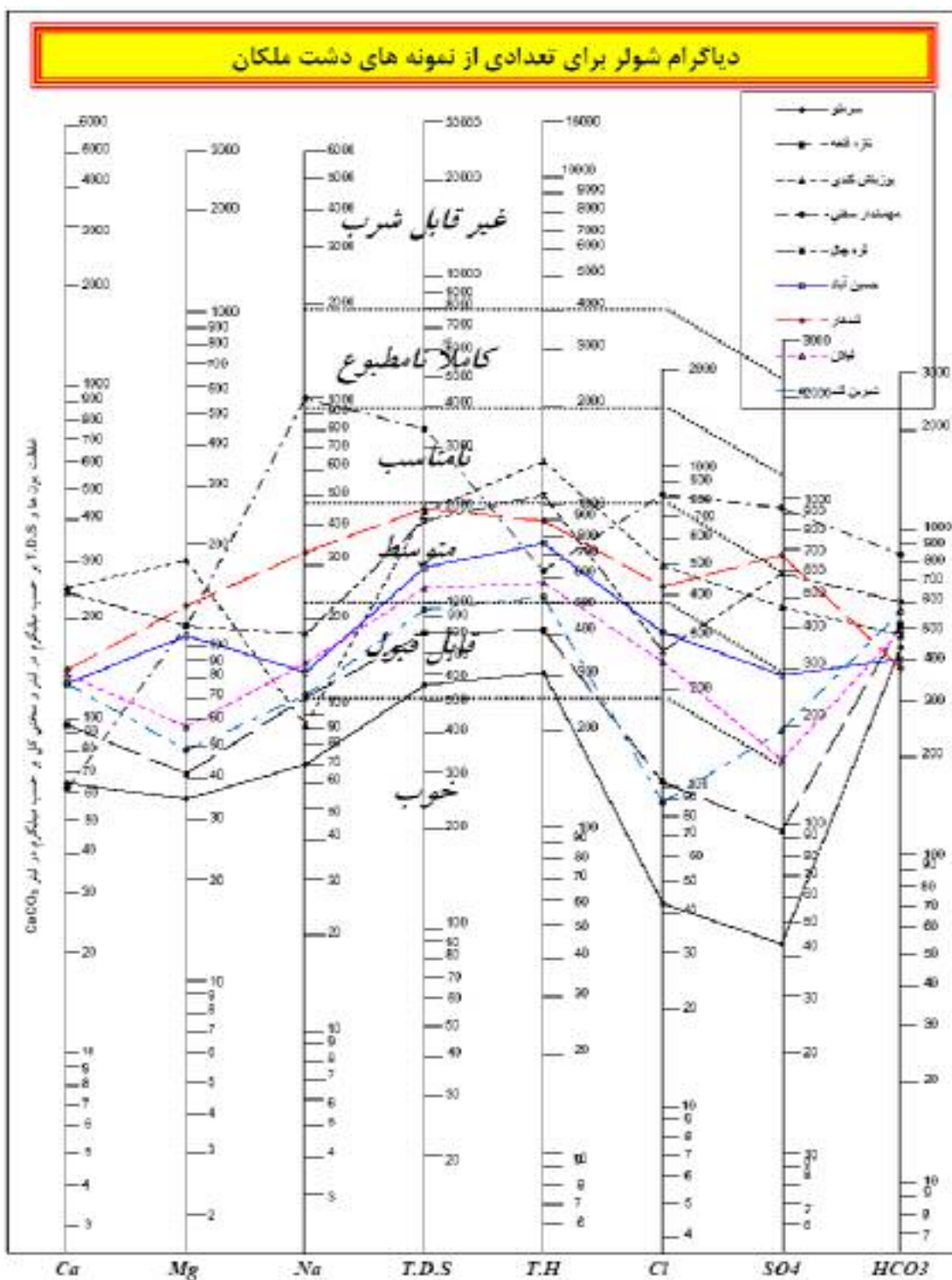
۵ - ۶ - سختی آبهای زیرزمینی دشت ملکان

سختی آب عبارت است از یونهای فلزی موجود در آب که با سدیم صابون واکنش انجام داده و باعث بوجود آمدن صابون جامد می گردد (Freeze & Cherry, 1980). سختی معمولاً بعنوان تمرکز منیزیم و کلسیم بعنوان میلی گرم بر لیتر از اکسی والانت CaCO_3 بیان می شود و می تواند با جانشین کردن غلظتی از Ca^{2+} و Mg^{2+} تعیین شده و به میلی گرم بر لیتر بیان می شود.

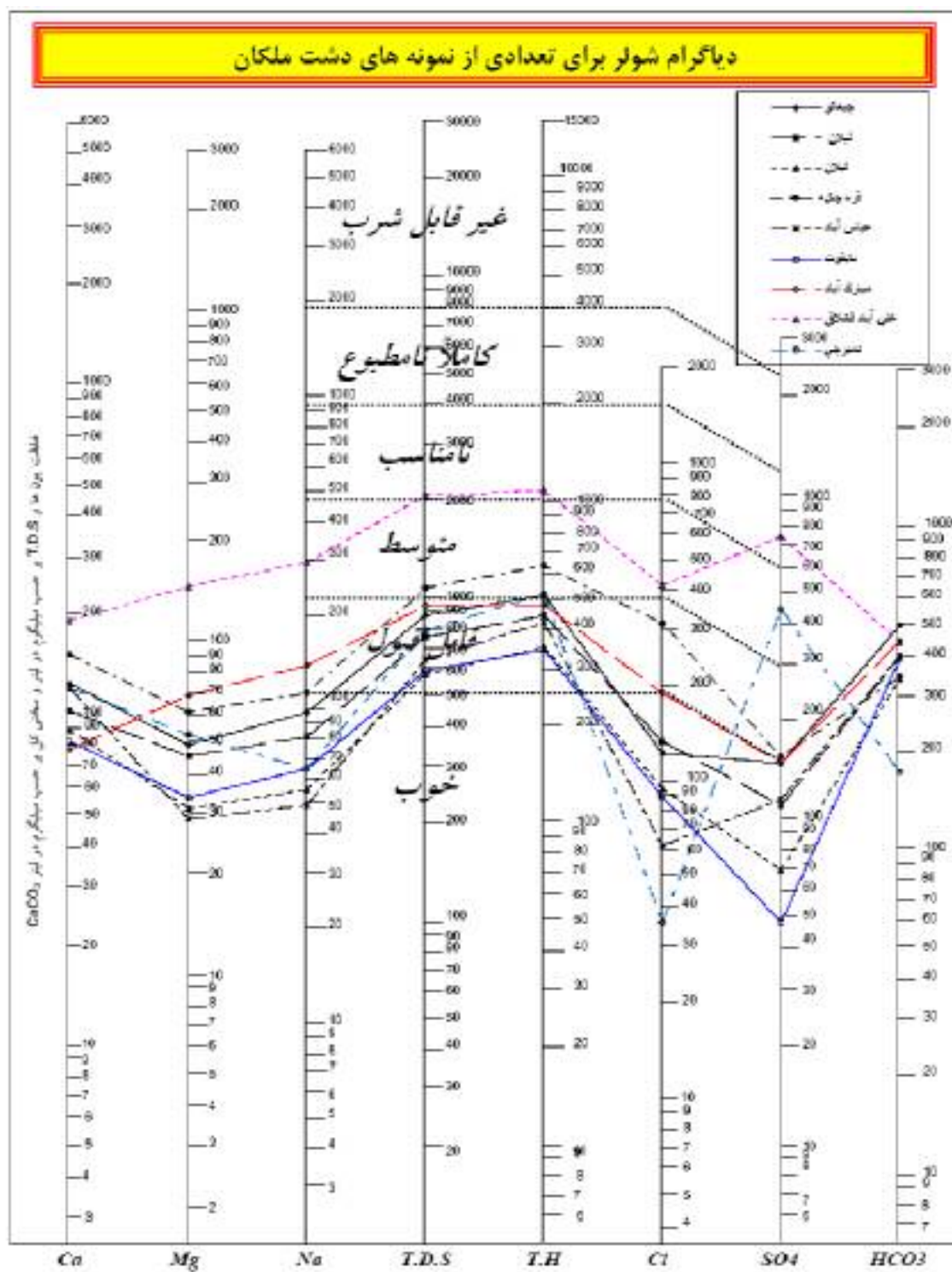
$$\text{سختی کل} = \frac{2}{5}(\text{Ca}^{2+}) + \frac{4}{1}(\text{Mg}^{2+}) \quad (۵ - ۲)$$



شکل ۵ - ۲۷. الف. دیاگرام شولر آبهای زیرزمینی دشت ملکان در خرداد ماه ۱۳۸۶



شکل ۵ - ۲۷. ب. دیاگرام شولر آبهای زیرزمینی دشت ملکان در خرداد ماه ۱۳۸۶

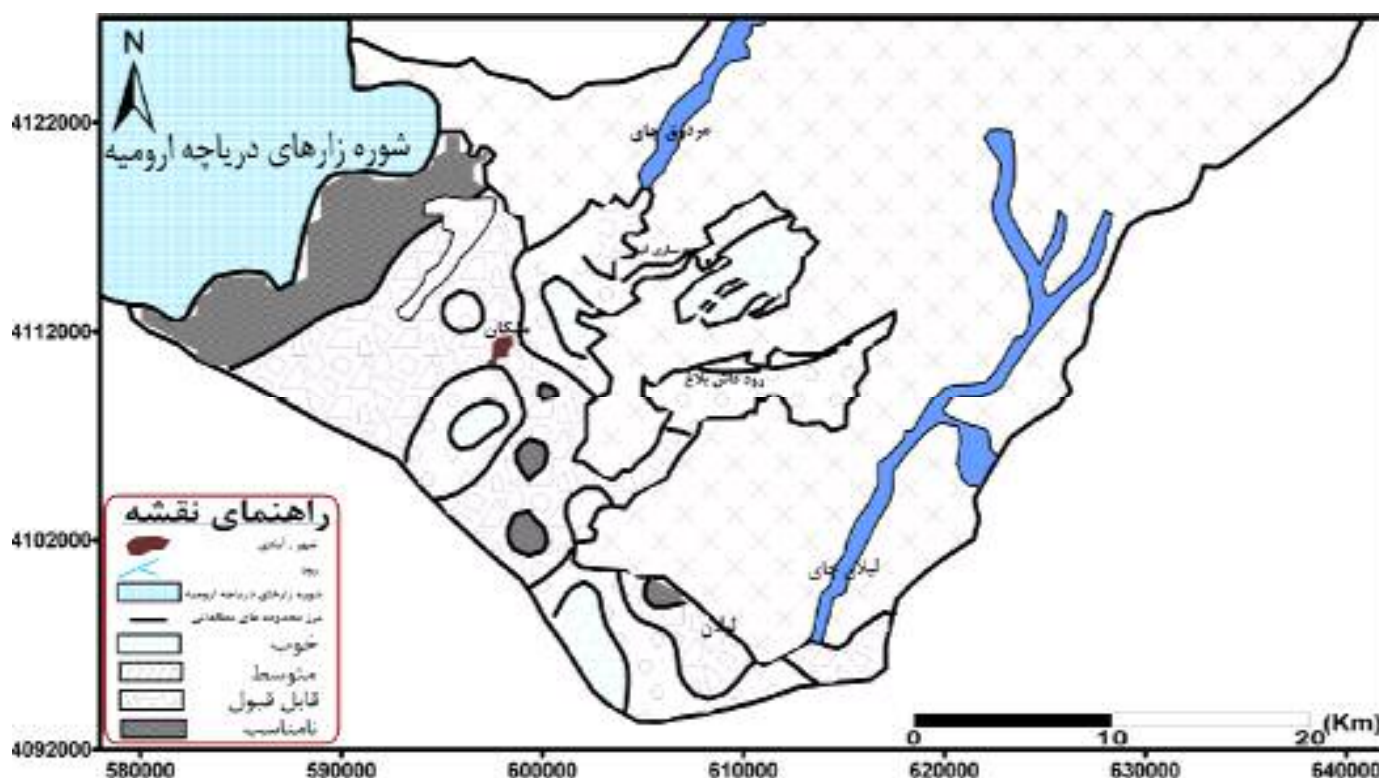


شکل ۵ - ۲۷. پ. دیاگرام شولر آبهای زیرزمینی دشت ملکان در خرداد ماه ۱۳۸۶

معمولاً آب با سختی بیش از ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر را آب سخت و کمتر از ۷۵ میلی گرم بر لیتر را بعنوان آب نرم می‌شناسند. مقادیر سختی برای نمونه‌های آبهای زیرزمینی دشت در خرداد ۱۳۸۶، در ضمیمه (خ) نشان داده شده است. بر اساس جدول ۵ - ۳، ۹۷/۱۴ درصد نمونه‌ها در محدوده خیلی سخت و ۲/۸۵ درصد در محدوده سخت قرار می‌گیرند. بطور کلی تقریباً همگی نمونه های دشت ملکان در محدوده سخت قرار می گیرند.

جدول ۵ - ۳. طبقه‌بندی آبهای زیرزمینی بر اساس سختی (Todd, 1980)

نمونه (%)	دامنه (بر اساس تقسیم‌بندی Todd)	سختی (میلی گرم بر لیتر) CaCO_3
۰	۰-۷۵	نرم
۰	۷۵-۱۵۰	سخت متعادل
۲/۸۵	۱۵۰-۳۰۰	سخت
۹۷/۱۴	>۳۰۰	خیلی سخت



شکل ۵ - ۲۸. نقشه طبقه بندی کیفیت آبهای زیرزمینی دشت ملکان برای شرب در خرداد ماه ۱۳۸۶

۵ - ۷ - کیفیت آبهای زیرزمینی دشت ملکان از نظر کشاورزی

آب مناسب برای کشاورزی به نوع گیاهان، حجم آب مصرفی جهت آبیاری، نوع خاک و آب و هوا بستگی دارد (Davis & Dewiest, 1966). مهمترین عواملی که در تعیین استانداردهای کیفیت آب آبیاری در نظر گرفته می شوند عبارتند از:

۱ - غلظت کل نمک های محلول (شوری آب)، افزایش این پارامتر بر خاصیت اسمزی تأثیر گذاشته و موجب کاهش آب گیری توسط گیاه می شود.

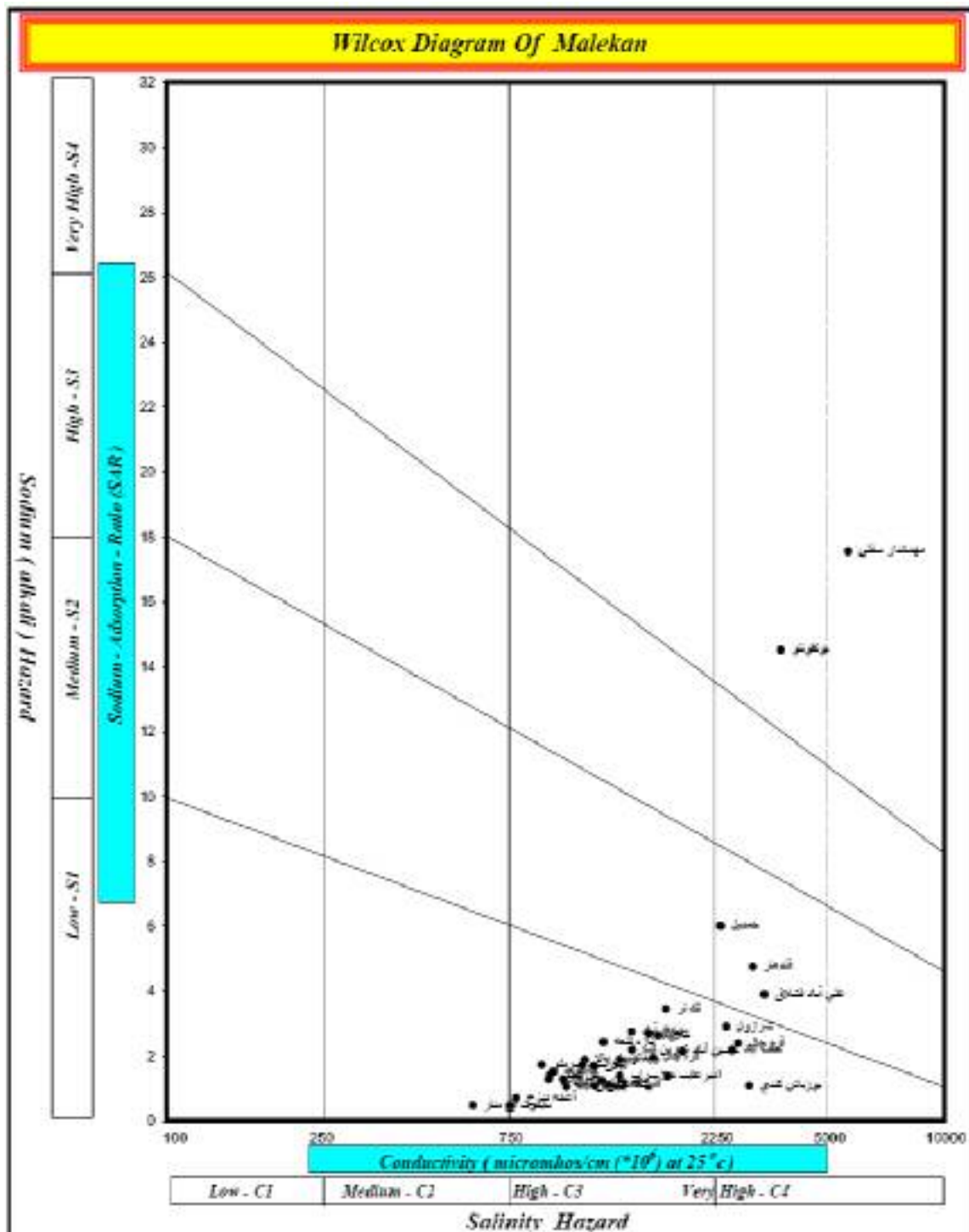
۲ - بعضی از یون های خاص مانند بور که در غلظت های بالا حالت سمی پیدا می کند و برای گیاه مضر است.

۳ - غلظت کاتیون هایی مانند سدیم که موجب تغییر بافت خاک شده و با کاهش نفوذپذیری خاک بطور غیر مستقیم بر رشد گیاه اثر منفی می گذارد. این اثرات ناشی از جانشینی یون های کلسیم و منیزیم توسط یون های سدیم در رسها و کلوئیدهای خاک است. میزان این جانشینی را می توان با نسبت جذب سدیم (S.A.R) برآورد کرد که با فرمول زیر بیان می شود:

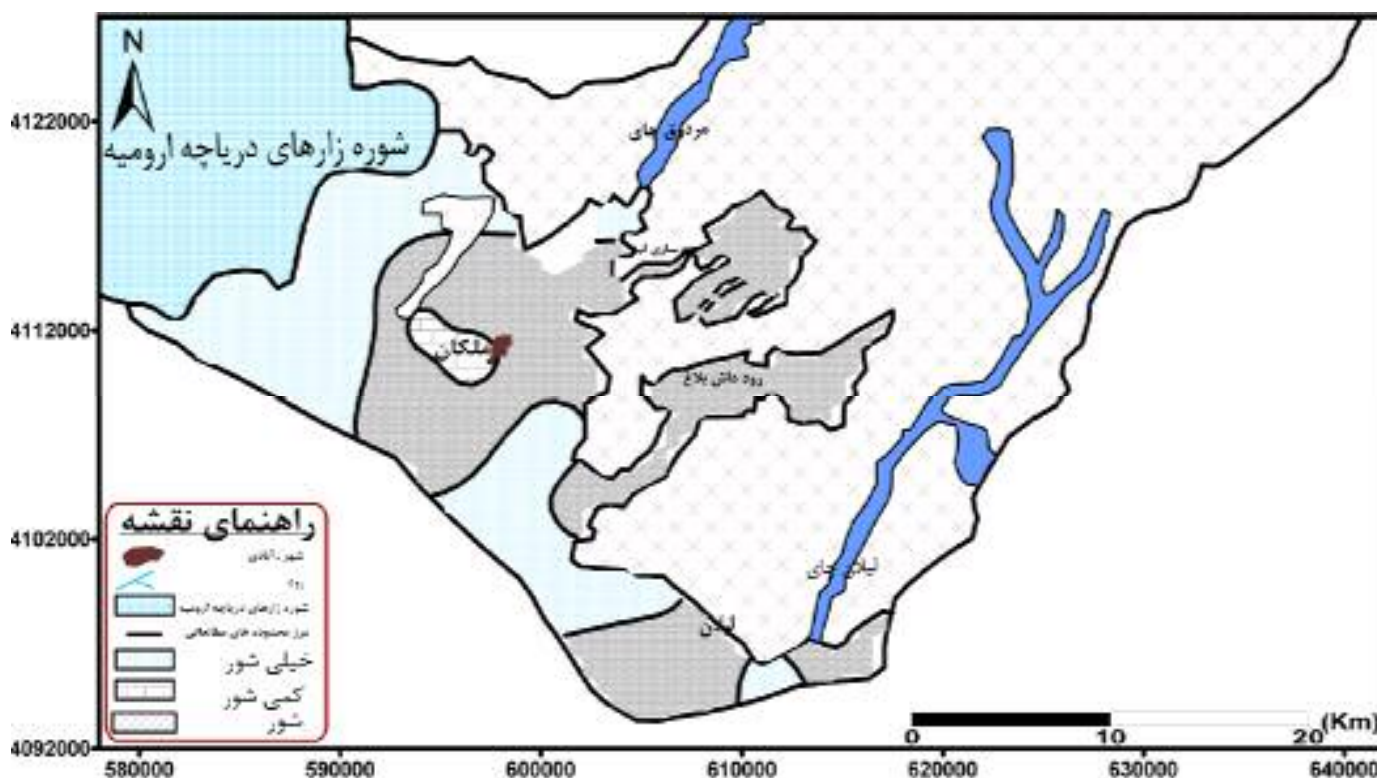
$$S.A.R. = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca + Mg)}{2}}} \quad (۵ - ۳)$$

جهت تعیین کیفیت آبهای کشاورزی از دیاگرام ویلکوکس استفاده می شود. این دیاگرام براساس دو معیار هدایت الکتریکی (خطر شوری) و نسبت جذب سدیم (S.A.R) به ۱۶ رده تقسیم شده است (Davis & Dewiest, 1966). رده C1S1 بهترین کیفیت و رده C4S4 بدترین کیفیت را برای مصارف کشاورزی دارا می باشند. دیاگرام ویلکوکس برای نمونه های آب زیرزمینی دشت ملکان در خرداد ماه ۱۳۸۶ ترسیم شده است (شکل ۵ - ۲۹). طبق این دیاگرام، نمونه برداشت شده از روستای آق منار دارای کیفیت خوب و عالی برای مصارف کشاورزی می باشد و در رده C2S1 قرار می گیرد. نمونه های رده C4S1، C4S2، C3S4 و C4S4 مربوط به قسمت های خروجی دشت و حواشی شوره زارهای دریاچه ارومیه بوده و دارای کیفیت نامطلوبی برای مصارف کشاورزی می باشند. نمونه های قرار گرفته در رده C3S1 برای مصارف کشاورزی خوب تا مجاز می باشند. در ضمیمه (د) جدول

مصارف کشاورزی براساس محل نمونه برداری برای دشت ملکان در خرداد ماه ۱۳۸۶ آورده شده است. همچنین نقشه بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت ملکان از نظر کشاورزی در شکل ۵ - ۳۰ تهیه شده است.



شکل ۵ - ۲۹. دیاگرام ویلکوکس نمونه های آب زیرزمینی دشت ملکان در خرداد ماه ۱۳۸۶



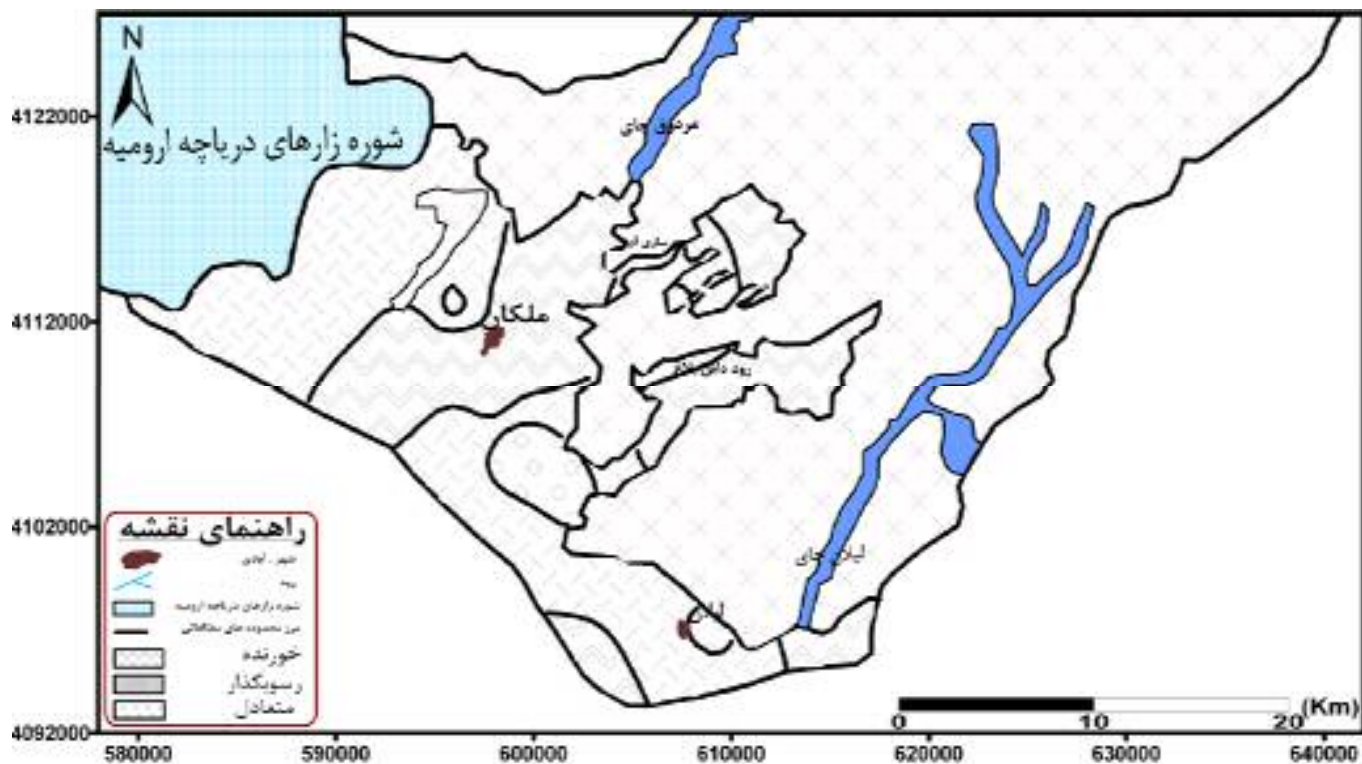
شکل ۵ - ۳۰. نقشه تقسیم بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت ملکان از نظر کشاورزی

۵ - ۸ - کیفیت آبهای زیرزمینی دشت ملکان از نظر صنعتی

با توجه به اهمیت کشاورزی در منطقه مهمترین جنبه های صنعتی مطرح در منطقه اثرات آبهای زیرزمینی روی ساختمان و تجهیزات چاه های آب است. قابلیت واکنش پذیری آب به میزان ترکیبات موجود در آن بستگی دارد. در چاههای لوله گذاری شده، خوردگی و پوسته گذاری از مهمترین مشکلات آنها است. واکنش آبهای با کیفیت نامطلوب بر روی جدار و تجهیزات چاه موجب کاهش آبدهی و عمر مفید چاه می شود.

برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت بر روی ساختمان و تجهیزات چاههای آب، با استفاده از داده های هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی شهریور ماه ۱۳۸۵، پتانسیل احیاء طبیعی (pH) و پتانسیل احیاء متعادل (pHs) و شاخص پایداری رایزور برای نمونه های دشت محاسبه گردید. همچنین در شکل ۵ - ۳۱. نقشه دشت از لحاظ کیفیت صنعتی تهیه شده است. با توجه به نقشه آبهای نواحی

مرکزی دشت از نوع خورنده و نواحی خروجی و حواشی شوره زارها از نوع رسوبگذار می باشد. در ضمیمه (ذ) کیفیت آب از لحاظ صنعتی برای تمامی چاههای نمونه برداری آورده شده است.



شکل ۵ - ۳۱. نقشه دشت ملکان از لحاظ کیفیت صنعتی در شهریور ماه ۱۳۸۵

فصل ششم

نتایج و پیشنهادات

۶ - ۱ - نتایج

- ۱ - در منطقه مطالعاتی ملکان سازندهای کامبرین تا کواترنری رخنمون دارند. رسوبات دوران دوم اکثراً با نبود چینه شناسی در منطقه مشخص می شوند.
- ۲ - با توجه به آمار ۳۳ هواشناسی، متوسط بارندگی سالانه محدوده ۳۱۳/۷ میلی متر، متوسط دما در ایستگاه تبخیرسنجی مغانجیق ۱۰/۷ درجه سانتی گراد و متوسط رطوبت نسبی سالانه ۵۷/۵ درصد می باشد. با توجه با اقلیم نمای آمبرژه اقلیم منطقه از نوع نیم خشک سرد می باشد.
- ۳ - با توجه به مطالعات ژئوفیزیک، حفاری های اکتشافی و مقاطع چاهها آبخوان دشت ملکان از نوع آزاد می باشد. حداکثر عمق برخورد به سنگ کف در مرکز دشت ۱۲۰ متر می باشد.
- ۴ - حداکثر مقدار قابلیت انتقال ۱۲۹۷ مترمربع برروز در جنوب شرق شهرستان ملکان و حداقل میزان آن ۱۱۰ مترمربع برروز در شمال شهرستان ملکان، حواشی کوه، می باشد. افزایش قابلیت انتقال در مرکز دشت بدلیل افزایش ضخامت رسوبات آبرفتی است.
- ۵ - جهت جریان آب زیرزمینی در قسمتهای شرق، شمال شرق، شمال غرب و جنوب شرق به سمت رودخانه لیلان چای و در نهایت قسمت های خروجی، دریاچه ارومیه می باشد.
- ۶ - با بررسی بیلان آب زیرزمینی برای سال های ۸۴-۸۵ مشخص شد که سطح آب زیرزمینی دشت ملکان در سال بیلان ۰/۴ متر افت را نشان می دهد. با احتساب ضریب ذخیره ۳/۲ درصد و مساحت محدوده بیلان (۱۰۱ کیلومترمربع) ذخیره آبخوان ۱/۳ میلیون مترمکعب در سال کاهش حجم داشته است.
- ۷ - مقدار هدایت الکتریکی دشت ملکان در طول ده سال از ۸۰۴ میکروزیمنس برسانتی متر به ۱۴۶۵ میکروزیمنس برسانتی متر افزایش یافته است. عامل اصلی اثرگذار بر افزایش هدایت الکتریکی تبخیر از آب زیرزمینی در سال های مختلف و استفاده کمتر از آبهای سطحی می باشد. طبق نقشه

های هدایت الکتریکی درازمدت بیشترین مقدار افزایش بیش از ۵۰۰ میکروزیمنس برسانتی متر در مرکز دشت می باشد.

۸ - مقدار یون سولفات در سطح دشت بخصوص حواشی شوره زارهای دریاچه ارومیه آنومالی های متعددی را نشان می دهد. سولفات در منطقه می تواند از آبهای دریاچه ای قدیم و یا رسوبات مارنی سنگ کف منشأ گرفته باشد.

۹ - با توجه به همبستگی بالای یون سولفات و منیزیم منشأ آنومالی این دو یون را می توان از رسها و مارن های موجود در منطقه و همچنین هجوم آب دریاچه به سمت شوره زارها و سفره های ساحلی دانست. البته تشخیص بهتر این آنومالی نیاز به بازدیدهای صحرایی وسیع از دید زمین شناسی منطقه دارد.

۱۰ - در مقایسه یون های نمونه های دشت با همدیگر، آنومالی های مختلفی مشاهده شد که این می تواند ناشی از بالا رفتن سطح آب، بوجود آمدن مناطق زهکش دار، افزایش تبخیر از آب زیرزمینی و همچنین نفوذ آب شور دریاچه به سفره ساحلی و ایجاد شوره زارها در نواحی غربی دشت باشد.

۱۱ - با توجه به نتایج آنالیزهای شیمیایی خرداد ماه ۱۳۸۶ و شهریور ماه ۱۳۸۵ مقدار هدایت الکتریکی و یون های اصلی در شهریور ماه افزایش یافته است. افزایش فصلی این پارامترها در نواحی غربی دشت با افزایش بهره برداری در تابستان و نفوذ آب شوره زارها به سفره بدلیل نزدیک بودن شوره زارهای دریاچه ارومیه و افزایش تبخیر در طول تابستان بیشتر است.

۱۲ - تیپ آب زیرزمینی دشت ملکان در بیشتر نواحی از نوع کربناته و کلروره بوده و در برخی نواحی نیز دارای آنومالی سولفات است.

۱۳ - براساس تحلیل نمونه های آب زیرزمینی دشت ملکان با نمودارهای استیف منشأ دولومیتی، آهکی، شیلی و شورابه های دریاچه های قدیمی نمونه ها حدس زده می شود.

۱۴ - کیفیت آب زیرزمینی دشت ملکان برای شرب در مرکز دشت و ابتدای رودخانه ساری قیه خوب و در حواشی شوره زارهای دریاچه ارومیه نامناسب است. کیفیت آب شرب در بقیه نواحی دشت متوسط می باشد.

۱۵ - کیفیت آب زیرزمینی دشت ملکان از لحاظ کشاورزی در مرکز دشت خوب و حواشی شوره زارهای دریاچه ارومیه نامطلوب است. در بقیه نواحی دشت کیفیت خوب تا مجاز می باشد.

۱۶ - کیفیت آب زیرزمینی دشت ملکان از لحاظ صنعتی در مرکز دشت بدلیل وجود فاضلاب های اسیدی شهر و دامداری ها خورنده و در کناره های دشت و بطرف دریاچه ارومیه رسوبگذار می باشد.

۶ - ۲ - پیشنهادات

- ۱ - برای پی بردن به ارتباط رودخانه های لیلان چای و مردوق چای با آب زیرزمینی سفره نیاز به تأسیس ایستگاه های جدید و اندازه گیری دقیق دبی در طول مسیر وجود دارد.
- ۲ - برای بررسی بهتر وضعیت سفره در کل سطح دشت ملکان پیزومترهای جدیدی در قسمت های شرق و جنوب شرق دشت حفر شود.
- ۳ - بهتر است به منظور تعیین دقیق قابلیت انتقال و ضریب ذخیره دشت آزمایش پمپاژ با دبی ثابت در سطح دشت انجام گیرد.
- ۴ - کنترل بهره برداری از آبهای زیرزمینی جهت کاهش در روند افت و در نتیجه جلوگیری از نامناسب تر شدن کیفیت آب زیرزمینی.
- ۵ - برای پایین بردن سطح آب زیرزمینی در نواحی تبخیری و کاهش املاح محلول در آب باید بطور مداوم از زهکش های مربوطه نگهداری کرد. با پایین انداختن سطح آب زیرزمینی در این مناطق، زمین های زیادی که شوره زار می باشند، قابل کشت خواهند بود.
- ۶ - با مدیریت بهینه دشت برای جلوگیری از افزایش شوری در منطقه بخصوص مناطق خروجی و حواشی شوره زارها از گیاهان مقاوم در برابر آب شور برای کاشت می توان استفاده کرد.

منابع و مأخذ

- ۱ - اصغری مقدم، الف. ۱۳۸۲. هیدروژئولوژی صحرایی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تبریز.
- ۲ - افتخارنژاد، ج. ۱۳۵۹. تفکیک بخش های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوزه های رسوبی. نشریه انجمن نفت شماره ۸۲.
- ۳ - افیونی، م، مجتبی پور، ر، نوربخش، ف. ۱۳۷۵. خاکهای شور قدیمی و اصلاح آنها. نشر ارکان.
- ۴ - حسنی پاک، ع، شرف الدین، م. ۱۳۸۰. تحلیل داده های اکتشافی. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۵ - حقیقت، ر. ۱۳۸۰. بیلان آب با تکیه بر آب آبخوان دشت برخوار اصفهان. مجله آب و فاضلاب. شماره ۳۹.
- ۶ - حقیقت، ر. ۱۳۸۵. آبهای زیرزمینی. انتشارات دانشگاه تهران.
- ۷ - گزارش هواشناسی - هیدرولوژی ملکان. ۱۳۸۴. سازمان آب منطقه ای استان آذربایجان شرقی. دفتر تلفیق و بیلان، مطالعات پایه منابع آب.
- ۸ - گزارش مطالعات آبهای زیرزمینی ملکان. ۱۳۸۱. سازمان آب منطقه ای استان آذربایجان شرقی.
- ۹ - گزارش بررسی چشمه ها و قنوات ملکان. ۱۳۸۲. سازمان آب منطقه ای استان آذربایجان شرقی.
- ۱۰ - سازمان زمین شناسی کشور. نقشه های زمین شناسی مراغه، میاندوآب و عجب شیر با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و ارومیه و میانه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰
- ۱۱ - سازمان جغرافیایی ارتش کشور. نقشه توپوگرافی ارومیه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰
- ۱۲ - درویش زاده، ع و خسرو تهرانی، خ. ۱۳۶۳. زمین شناسی ایران. وزارت کشور.
- ۱۳ - شمسایی، الف. ۱۳۷۷. هیدرولیک جریان در محیطهای متخلخل. جلد دوم، مهندسی آبهای زیرزمینی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
- ۱۴ - ضیاء، ج. ۱۳۸۳. هیدروژئولوژی آبخوان دشت بیرجند و تأثیرات طرح های تغذیه مصنوعی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- ۱۵ - علیزاده، الف. ۱۳۷۷. کیفیت آب در آبیاری (ترجمه). آستان قدس رضوی.
- ۱۶ - علیزاده، الف. ۱۳۸۱. اصول هیدرولوژی کاربردی، آستان قدس رضوی.
- ۱۷ - کردوانی، پ. ۱۳۷۱. منابع و مسائل آب در ایران. جلد دوم، آبهای شور، مسائل و راههای استفاده از آنها. نشر قومس.

- ۱۸ - کلانتری، ن، بهبهانی، الف. ۱۳۸۲. بررسی علل شوری آب زیرزمینی دشت عباس. مجموع مقالات هفتمین همایش انجمن زمین شناسی ایران. اصفهان.
- ۱۹ - کمیته تخصصی طرح تهیه استاندارد صنعت آب کشور. ۱۳۷۱. دستورالعمل تهیه نقشه های هیدروژئوشیمیایی. وزارت نیرو.
- ۲۰ - گروه ژئوفیزیک وزارت نیرو، ۱۳۵۷. گزارش مطالعات ژئوفیزیک مرنند، ۱۵ ص.
- ۲۱ - لطفی صدیق، الف. ۱۳۷۴. هیدرولوژی آبهای زیرزمینی (ترجمه، باوئر). انتشارات دانشگاه صنعتی سهند.
- ۲۲ - مرکز تحقیقات منابع آب (تماب). ۱۳۷۸. دستورالعمل تهیه بیلان.
- ۲۳ - مولایی، م. ۱۳۷۷. مهندسی منابع آب. جلد دوم. انتشارات وزارت نیرو.
- ۲۴ - مهندسین مشاوران آبساران. ۱۳۸۵. تجزیه تحلیل و آمار و اطلاعات و بیلان آب. در محدوده مطالعه میاندوآب (ملکان).
- ۲۵ - مهندسین مشاور فرسپند آب. ۱۳۸۵. تهیه بیلان و چرخه آب در محدوده مطالعه میاندوآب (ملکان).
- ۲۶ - میرباقری، الف. ۱۳۷۷. هیدرولوژی مهندسی. انتشارات دانشگاه شیراز.
- ۲۷ - نبوی، م، ح. ۱۳۵۵. دیباچه ای بر زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین شناسی کشور.
- ۲۸ - ولایتی، س. ۱۳۷۴. جغرافیای آبها و مدیریت منابع آبها. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲۹ - هنرمند ابراهیمی، ع. ۱۳۷۸. کیفیت و آلودگی آبهای زیرزمینی. نشریه فنی شماره ۲. مشاور کاوآب.

30. Adams, S. , Titus, R. , Pietersen, K. , Tredoux, G. and Harris, C. 2001. Hydrochemical characteristics of aquifer near Sutherland in the Western Karoo, South Africa. Journal of Hydrology, 241, pp.91 - 103.
31. Adesuyi, J. O. 1999. Internatinal aquifer system in arid zones - managing non - renewable resources, pre - proceeding, Tripoli, Libya.
32. Back, W. 1966. Hydrochemical facies and ground - water flow patterns in Northern hart of Atlantic Coastal Plain. U. S. Geol. Surv. Prof. paper 498 - A, 42 pp.
33. Korrtasti. B. K, and O Jergensen. N. 2002. The original of high solinity waters in the Accra plains Groundwaters. Essacoira, Aprill 12 - 25. 2001.

34. Bouwer, H. 1978. Groundwater Hydrology. McGraw - Hill.
 35. Cherry, J. A, Cillham. R. W. and Pickens. J. F. 1975. Contamination Hydrogeology part 1. physical processes, egosci. Can, 19 pp 76 - 84.
 36. Custodio, E and Bruggeman, G. A. 1987. Groundwater problems in coastal aquifers. UNESCO.
 37. Davis, S. N. and Dewiest, R. J. M. 1966. Hydrogeology. John Wiley, New York, 463 pp.
 38. Domenico, P.A.Q. and Schwartz, F.W. 1990. Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & Sons Inc. New York. 807 pp.
 39. Schwartz. F. w. and Hubao zhang. 2003. Fundamentals of Groundwater. Pub. John Wiley. 583. pp.
 40. Fetter, C. W., 3d. ed. 1990. Applied hydrogeology (3rd edn). Mac millan publishing company. U. S. A.
 41. Freeze, R. A. and Cheery, J. A. 1979. Groundwater. Prentice - hall, Englewood Cliffs, N. J. 604 pp.
 42. Fresenius, W. , Quentin, K. E., and Schneider, W. 1988. Water Analysis. Springer - verlog, 804 pp.
 43. Ghassemi, F, Chen. T. H. Jacman A. J. and Jacobson. G. 1993. Two and three dimensional simulation of sea water in trusioni performances of the SUTRA and HST3D “models” AGSO. J. Australian. Geology and Geophysics, 14(2.5), 219 - 226.
 44. Hem, J. D., 3d. ed. 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water (3rd edn). U. S. Geol. Surv. Water supply paper 2254, 264 pp.
 45. Hounslow. A. W. 1995. Water Quality data, Analysis and interpretation publish by ppress LLC.
 46. Karanth, K. R. 1987. Groundwater Assessment, Development and Management. Tata McGraw - Hill pub. New Dehli. India.
 47. Lioyd, J. W. and Heathcoate. J. A. 1985. Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater. Claendon press, oxford.
 48. Mazor. E. 2005. Chemical and isotopic groundwater hydrology (3rd edn). Third edition. Marel Dekker, INC. New York.
 49. Sikdar, P. K. Sarkar, S. S. and Balchoudhury. S. 2001. Geochemical evolution of groundwater In the Quaternary aquifer of Calcutte and Howrah. Indian. Journal of Asian Earth sciences.
 50. Shaw, E. M. 1994. Hydrology in practice (3rd edn). Chapman & Hall, New York, 569 pp.
- Schoeller, 1962

51. Stuyzand, P. J. 1992. Behavior of major of the saline Groundwater in wadi Al - Rumah. Saudi Arabia. Groundwater, Vol. 27. 481 - 490.
52. Todd, D. K, and OMC Nulty, D. E. Polluted Groundwater, water information center, port Washington, N. Y. 179 pp. 1976.
53. Todd, D. K. ed. 2005. Groundwater Hydrology (3rd edn). Third Ed. John Wiley & Sons Inc. NewYork, U.S.A., 535 PP.
54. Walton. W. C. 1970. Groundwater Resource Evolution. McGraw - Hill.
55. Zinck, J. A. and Farshad, A. 1995. Issues of sustainability and sustainable land management. Can, J. Soil Sci, Vol. 75, No. 4, pp. 404 - 412.

Abstract

Malekan plain with an area of about 394 Km² is located at 153 Km south of Tabriz and southwest coast of Urmieh Lake. This plain with an average annual precipitation of 245.7 mm and average annual temperature of 10.7 °C is classified as a semi arid and cold region.

Geologically, Malekan Plain is a part of Alborz-Azarbayjan zone and is located in a sedimentary Quaternary environment. The main rivers of this plain include Lailan Chay and Mardogh Chay. Malekan Plain aquifer is unconfined in type and high groundwater levels facilitate evaporative discharge close to the coastal areas. The direction of groundwater flow in Malekan plain is from north and northwest to east and southeast. Water budget calculation for water year of 84-85, shows 0.4 meter drawdown.

In order to assess the chemical quality of groundwater in Malekan plain, data from 34 water samples were analyzed and interpreted. During the last 10 years, electrical conductivity shows a significant rise especially in the central part of the plain. As groundwater approaches Urmieh Lake, its chemical composition changes toward seawater.

The suitability of groundwater for various uses such as domestic, industry and irrigation has been determined and contaminated regions were identified. By using Piper, Scholler and Wilcox diagrams.

Keywords: Hydrogeology, budget, water level, quality, electrical conductivity and hydrogeochemistry

ضمائم

		()										() U.T.M		
												X:	Y:	
×	74/10	6	12	34		×		×	0.7	1308.2		596700	4114100	1
×	83/2	6	12	32		×		×	0.65	1297.3		598900	4109250	2
×	74/10	6	12	24		×		×	0.58	1286.8		592300	4108750	3
×	43			2.5	×		×		0	1284.7		587400	4109600	4
×	83/1	6	12	30		×		×	0.71	1329.5		602750	4114950	5
×	74/10	6	12	21		×		×	0.17	1314		601200	4114900	6
×	74/9	6	12	25		×		×	0.5	1305.9		598350	4113750	7
×	74/10	6	12	24		×		×	0.25	1287.3		589050	4109400	8
×	74/10	6	12	24		×		×	0.48	1291.5		595000	4110650	9
×	74/7	6	12	22		×		×	0.26	1281.4		587500	4112300	10
×	74/7	6	12	24		×		×	0.18	1281.8		585700	4113100	11
×	84/10	6	12	24		×		×	0.22	1282.5		581900	4112200	12
×	83/1	6	12	21		×		×	0.48	1335.9		604340	4117385	13
×	83/2	6	12	22		×		×	0.85	1297.3		592755	4114150	14
×	74/8	6	12	25		×		×	0.33	1282.1		590250	4119000	15
×	74/8	6	12	21		×		×	0.39	1282.6		588350	4110100	16
×	74/7	6	12	22		×		×	0.35	1281.3		586500	4115800	17
×	74/8	6	12	21		×		×	0.25	1280.8		586100	4121350	18
×	83/2	6	12	30		×		×	0.74	1282.5		594769	4120782	19
×	74/8	6	12	24		×		×	0.15	1280.9		589100	4120750	20
×	74/9	6	12	26		×		×	0.48	1299.9		601750	4111100	21

ضمیمه ب. ارقام هیدروگراف واحد دشت ملکان

78-79	ماه	ارتفاع سطح آب (m)
	مهر	1292.65
	آبان	1292.64
	آذر	1292.72
	دی	1292.82
	بهمن	1293.19
	اسفند	1293.17
	فروردین	1293.35
	اردیبهشت	1293.83
	خرداد	1292.58
	تیر	1292.60
	مرداد	1292.44
	شهریور	1292.27
79-80	ماه	ارتفاع سطح آب (m)
	مهر	1292.65
	آبان	1292.27
	آذر	1292.28
	دی	1292.35
	بهمن	1292.55
	اسفند	1292.64
	فروردین	1292.69
	اردیبهشت	1292.72
	خرداد	1292.31
	تیر	1291.81
	مرداد	1291.32
	شهریور	1291.04
80-81	ماه	ارتفاع سطح آب (m)
	مهر	1290.99
	آبان	1290.94
	آذر	1291.08
	دی	1291.21
	بهمن	1291.49
	اسفند	1291.61
	فروردین	1291.77
	اردیبهشت	1292.31
	خرداد	1292.32
	تیر	1292.15
	مرداد	1291.61
	شهریور	1291.34
81-82	ماه	ارتفاع سطح آب (m)
	مهر	1291.41
	آبان	1291.39
	آذر	1291.81
	دی	1291.90
	بهمن	1292.43
	اسفند	1292.78
	فروردین	1293.03
	اردیبهشت	1293.23
	خرداد	1293.33
	تیر	1293.08
	مرداد	1292.82
	شهریور	1292.63
82-83	ماه	ارتفاع سطح آب (m)
	مهر	1292.56
	آبان	1292.70
	آذر	1292.96
	دی	1293.37
	بهمن	1293.67
	اسفند	1293.80
	فروردین	1293.82
	اردیبهشت	1294.25
	خرداد	1294.29
	تیر	1293.99
	مرداد	1293.47
	شهریور	1293.09
83-84	ماه	ارتفاع سطح آب (m)
	مهر	1292.93
	آبان	1292.82
	آذر	1293.32
	دی	1293.63
	بهمن	1293.91
	اسفند	1293.93
	فروردین	1293.94
	اردیبهشت	1294.24
	خرداد	1294.25
	تیر	1293.88
	مرداد	1293.34
	شهریور	1293.00
84-85	ماه	ارتفاع سطح آب (m)
	مهر	1292.73
	آبان	1292.77
	آذر	1293.06
	دی	1293.28
	بهمن	1293.41
	اسفند	1293.61
	فروردین	1293.81
	اردیبهشت	1294.31
	خرداد	1294.05
	تیر	1293.65
	مرداد	1293.05
	شهریور	1292.60

ضمیمه پ. سطح آب چاههای پیرومتری دشت ملکان در اردیبهشت ۸۵							
ردیف	مختصات نقطه ای U.T.M (متر)		نام مالك يا محل	عمق چاه (متر)	ارتفاع مطلق نقطه نشانه (متر)	سطح آب ماه (متر)	تراز آب در پانزدهم ماه (متر)
	X	Y					
1	596700	4114100	ملکان راه بایقوت	33.9	1308.23	10.92	1297.31
2	598900	4109250	ملکان قره چال	32	1296.43	7.55	1288.88
3	592300	4108750	خزینه انبار جدید	24	1286.84	2.49	1284.35
4	587400	4109600	چهار برج قدیم	2.5	1284.65	-	-
5	602750	4114950	قلعه جوق	30	1329.54	4.84	1324.7
6	601200	4114900	قوریجان	21	1313.95	3.14	1310.81
7	598350	4113750	عباس آباد	25	1305.88	5.41	1300.47
8	589050	4109400	شعبانلو	24	1287.31	3.01	1284.3
9	595000	4110650	تازه قلعه	24	1291.48	3.82	1287.66
10	587500	4112300	قیچاق	22	1281.4	0.68	1280.72
11	585700	4113100	منصورآباد	24	1281.81	1.79	1280.02
12	581900	4112200	آق داش	23.5	1282.51	2.01	1280.5
13	604340	4117385	شیخ بابا	21	1335.86	2.41	1333.45
14	592755	4114150	مبارك آباد	21.5	1297.3	1.98	1295.32
15	590250	4119000	چیقلو	25	1282.12	1.74	1280.38
16	588350	4110100	احمد آباد	21	1282.58	0.65	1281.93
17	586500	4115800	مجدآباد	21.5	1281.31	0.61	1280.7
18	586100	4121350	قره قشلاق	21	1280.81	0.95	1279.86
19	594769	4120782	گوران قشلاق	30	1282.52	1.79	1280.64
20	589100	4120750	حاجي مصيب	24	1280.93	2.67	1278.26
21	601750	4111100	آروق	26	1299.9	2.11	1297.79

ضمیمه ت. سطح آب چاههای پیژومتری دشت ملکان در شهریور ۸۵							
ردیف	مختصات نقطه ای U.T.M (متر)		نام مالك یا محل	عمق چاه (متر)	ارتفاع مطلق نقطه نشانه (متر)	سطح آب ماه (متر)	تراز آب در پانزدهم ماه (متر)
	X	Y					
1	596700	4114100	ملکان راه بایقوت	33.9	1308.23	14.35	1293.88
2	598900	4109250	ملکان قره چال	32	1296.43	8.95	1287.48
3	592300	4108750	خزینه انبار جدید	24	1286.84	4.58	1282.26
4	587400	4109600	چهار برج قدیم	2.5	1284.65	-	-
5	602750	4114950	قلعه جوق	30	1329.54	8.35	1321.19
6	601200	4114900	قوریجان	21	1313.95	7.8	1306.15
7	598350	4113750	عباس آباد	25	1305.88	8.06	1297.82
8	589050	4109400	شعبانلو	24	1287.31	3.61	1283.7
9	595000	4110650	تازه قلعه	24	1291.48	5.2	1286.28
10	587500	4112300	قیچاق	22	1281.4	1.94	1279.46
11	585700	4113100	منصورآباد	24	1281.81	2.41	1279.4
12	581900	4112200	آق داش	23.5	1282.51	3	1279.51
13	604340	4117385	شیخ بابا	21	1335.86	3.59	1332.27
14	592755	4114150	مبارك آباد	21.5	1297.3	3.04	1294.26
15	590250	4119000	چپقلو	25	1282.12	2.75	1279.37
16	588350	4110100	احمد آباد	21	1282.58	2.12	1280.46
17	586500	4115800	مجدآباد	21.5	1281.31	2.14	1279.14
18	586100	4121350	قره قشلاق	21	1280.81	2.08	1278.73
19	594769	4120782	گوران قشلاق	30	1282.52	3.13	1279.45
20	589100	4120750	حاجي مصیب	24	1280.93	2.73	1278.2
21	601750	4111100	آروق	26	1299.9	4.09	1295.81

ضمیمه ث. نتایج آنالیز شیمیایی ملک‌ان در شهر یور ۸۵

سختی کل CaCO ₃ بر حسب meq/L	SAR	Na%	meq/L									pH	باقیمانده خشک TDS (mg/L)	هدایت الکتریکی EC (μS/cm)	نوع منبع آب	نام محل	مختصات نقطه ای U.T.M (متر)		ردیف
			جمع کاتیونها	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	جمع آنیونها	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻						X	Y	
293	0.4	10.4	6.54	0.1	0.6	2.18	3.68	6.5	0.2	0.4	5.9	7.4	425.1	654	S	بایقوت	593997	4112018	1
303	0.71	17	7.3	0.1	1.16	2.18	3.88	7.25	0.45	0.75	6.05	7.2	474.5	730	S	آغچه دیزج	596235	4111184	2
510	15.9	77.9	46.07	0.3	35.6	5	5.2	46.1	7.2	33.8	5.15	7.7	2996.5	4610	S	یولقونلو	590995	4114100	3
713	11.1	67.6	43.95	0.2	29.5	10.8	3.46	43.97	7.42	27.5	9.05	7.8	2860	4400	S	شرانلو	590894	4112576	4
452	2.1	33.1	13.51	0.2	4.3	3.24	5.8	13.54	4.44	3	6.1	7.2	881.4	1356	S	شرازول	596035	4112652	5
1000	3.52	35.7	31.12	0.1	11	11.2	8.8	31.1	2	2.3	26.8	6.3	1781	2740	S	قلی کندی	603167	4117371	6
470	1.08	20	11.75	0.1	2.3	5.18	4.22	11.72	5.32	1.15	5.25	7.3	765.05	1177	S	قلعه جوق	603262	4115178	7
334	0.47	11.3	7.53	0	0.83	1.96	4.72	7.5	0.25	0	6.95	6.9	490.1	754	S	آق منار	611841	4114155	8
1100	2.25	25.3	29.45	0.2	7.25	10.8	11.2	29.47	7.97	12.5	9	7.2	1917.5	2950	S	لطف آباد	611528	4095479	9
376	1.98	33.8	11.36	0.1	3.7	3.54	3.98	11.35	1.15	1.45	8.75	7.2	740.35	1139	S	سرملو	593291	4108192	10
351	2.26	37.7	11.26	0.3	3.9	2.88	4.14	11.3	1.7	2.3	7.3	7.2	735.15	1131	S	تازه قلعه	594057	4109903	11
1310	1.06	12.8	30.05	0.3	3.6	14.4	11.8	30.08	9.23	13.5	7.35	7	1956.5	3010	S	یوزباش کندی	599047	4106395	12
533	16.3	78	48.37	0.2	37.5	8	2.66	48.35	16.60	20.00	11.8	7.5	3146	4840	S	مهماندار سفلی	599741	4101870	13
379	1	20.4	9.52	0.1	1.85	3.04	4.54	9.5	1.70	1.30	6.50	7.3	620.1	954	S	قره چال	600250	4109104	14
770	2.19	28.3	21.47	0.1	6	9	6.4	21.45	6	8.75	6.6	7.1	1397.5	2150	S	حسین آباد	601723	4103413	15
920	4.93	44.8	33.35	0.2	14.8	11.2	7.2	33.37	13.57	12.50	7.30	7.1	2171	3340	S	قندهار	605522	4099232	16
614	2.93	37.2	19.55	0.5	6.8	5.02	7.26	19.5	3.5	7.50	8.50	7.1	1271.4	1956	S	لیلان	605733	4097377	17
521	2.36	34.1	15.8	0.4	5	4.02	6.4	15.78	4.08	2.5	9.2	6.8	1028.95	1583	S	شیرین کند	613403	4096749	18
574	2.08	30.3	16.46	0.2	4.8	4.48	7	16.45	3.55	3.85	9.05	6.7	1069.9	1646	S	چیغالو	613742	4098499	19
581	2.02	29.5	16.49	0.2	4.7	4.86	6.76	16.5	3	5	8.5	7.1	1075.1	1654	S	لیلان	608797	4096701	20

ادامه ضمیمه ث. نتایج آنالیز شیمیایی ملکات در شهر یور ۸۵

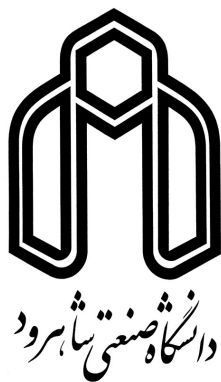
سختی کل CaCO ₃ بر حسب meq/L	SAR	Na%	meq/L									pH	باقیمانده خشک TDS (mg/L)	هدایت الکتریکی EC (μS/cm)	نوع منبع آب	نام محل	مختصات نقطه ای U.T.M (متر)		ردیف
			جمع کاتیونها	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	جمع آنیونها	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻						X	Y	
341	1.37	27.1	9.35	0.1	2.4	2.46	4.36	9.38	1.38	2.65	5.35	7.7	611	940	S	لیلان	607813	4095756	21
900	2.36	28.3	25.09	0.2	6.9	7.2	10.8	25.1	4.6	12.5	8	7	1631.5	2510	S	قره چال	600265	4107991	22
436	1.13	21.3	11.08	0.1	2.25	2.48	6.24	11.1	2.55	1.8	6.75	7	722.8	1112	S	عباس آباد	598501	4113273	23
334	1.57	30.1	9.55	0.1	2.75	2.64	4.04	9.55	1	2.45	6.1	7.2	622.05	957	S	بایقوت	592795	4111598	24
650	3.66	41.8	22.34	0.2	9.1	7.2	5.8	22.35	6.25	8.75	7.35	7.3	1456	2240	S	مبارک آباد	592516	4113771	25
1500	4.58	37.2	47.75	0.2	17.6	16.6	13.4	47.77	21.7	16.3	9.82	6.7	3107	4780	S	علی آباد قشلاق	595365	4119781	26
498	1.2	21.9	12.75	0	2.76	4.12	5.84	12.75	9	0.9	2.85	7.3	830.05	1277	Q	دمیرچی	606466	4105873	27
580	1.27	20.8	14.65	0.2	2.85	5.6	6	14.62	8.1	1.02	5.5	7.2	952.9	1466	S	امیرغایب	608065	4108216	28
249	2.5	44.2	8.92	0.1	3.84	2.62	2.36	8.9	0.55	2.15	6.2	8	353.2	892	S	لک لر	596100	4107000	29
570	6.1	56.1	25.96	0.4	14.2	5.4	6	25.97	4.27	13	8.7	7.1	1560	2600	S	حمدیل	602100	4099400	30
368	2.13	35.7	11.44	0.6	3.5	3.52	3.84	11.45	2.15	2.55	6.75	7.3	687.6	1146	S	شپیلو بالا	602400	4096000	31
513	2.89	39	16.81	0.6	6	4.06	6.2	16.8	2	6.8	8	7	1010.4	1684	S	لیلان	607000	4112800	32
400	1.2	23.1	10.4	0.1	2.35	3.58	4.42	10.42	3	1.12	6.3	7.3	625.8	1043	S	آروق	601700	4111300	33
335	1.39	27.5	9.24	0.1	2.45	2.16	4.54	9.25	1.25	1	7	7.2	555.6	926	S	قوریجان	600500	4114000	34
520	1.45	24.1	13.7	0.2	3.15	4.14	6.26	13.65	4.2	1.75	7.7	7.2	822	1370	S	ملا سراب	598000	4107800	35

ضمیمه ج. نتایج آنالیز شیمیایی ملکان در خرداد ۸۶

سختی کل CaCO_3 بر حسب meq/L	SAR	Na%	meq/L									pH	باقیمانده خشک TDS (mg/L)	هدایت الکتریکی EC ($\mu\text{S/cm}$)	نوع منبع آب	نام محل	مختصات نقطه ای U.T.M (متر)		ردیف
			جمع کاتیونها	K^+	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	جمع آنیونها	SO_4^{-2}	Cl^-	HCO_3^-						X	Y	
333	0.53	12.6	7.62	0.1	0.86	2.42	4.24	7.6	0.25	0.6	6.75	7.5	457.8	763	S	بایقوت	593997	4112018	1
325	0.75	17.3	7.86	0.1	1.26	2.36	4.14	7.85	0.5	0.85	6.5	7.5	474	790	S	آغچه دیزج	596235	4111184	2
416	14.6	78.1	38.06	0.1	29.6	4.04	4.28	38.1	5.95	28	4.1	7.7	2286	3810	S	یولقونلو	590995	4114100	3
405	1.77	30.6	11.67	0.1	3.45	5.08	3.02	11.7	1.95	3.2	6.5	7.6	701.4	1169	S	شرانلو	590894	4112576	4
920	2.99	33	27.47	0.3	8.8	6.6	11.8	27.5	6.95	13.8	6.75	7.1	1650	2750	S	شرارول	596035	4112652	5
547	1.15	19.8	13.64	0.1	2.6	2.54	8.4	13.7	1	1.2	11.45	7.3	819.6	1366	S	قلی کندی	603167	4117371	6
505	1.12	19.9	12.61	0.1	2.4	5.56	4.54	12.6	5.7	1.2	5.7	6.7	759	1265	S	قلعه جوق	603262	4115178	7
265	0.5	13.3	6.11	0	0.78	1.58	3.72	6.1	0.1	0.25	5.75	7.3	367.2	612	S	آق منار	611841	4114155	8
1060	2.24	25.6	28.48	0.2	7.1	10.4	10.8	28.5	7.7	12.3	8.5	7.5	1710	2850	S	لطف آباد	611528	4095479	9
303	1.8	34.1	9.19	0.1	3	2.84	3.22	9.2	0.9	1.2	7.1	7.6	552.6	921	S	سرملو	593291	4108192	10
410	2.51	38.3	13.28	0.2	4.9	3.38	4.82	13.3	2	2.9	8.35	7.4	798	1330	S	تازه قلعه	594057	4109903	11
1360	1.16	13.5	31.46	0.3	4	14.8	12.4	31.5	9.7	14	7.75	7.2	1890	3150	S	یوزباش کندی	599047	4106395	12
626	17.6	77.9	56.68	0.3	43.9	9.4	3.12	56.7	19.50	23.50	13.7	7.5	3402	5670	S	مهماندار سفلی	599741	4101870	13
1070	2.5	27.6	29.57	0.4	7.8	9.4	12	29.6	12.25	7.50	9.80	7.8	1776	2960	S	قره چال	600250	4109104	14
760	2.17	28.3	21.19	0.1	5.9	8.8	6.4	21.2	6	8.60	6.6	7.3	1272	2120	S	حسین آباد	601723	4103413	15
892	4.8	44.6	32.18	0.1	14.2	10.8	7.04	32.2	14.00	12.00	6.15	7.3	1932	3220	S	قندهار	605522	4099232	16
574	2.83	37.2	18.27	0.5	6.3	4.68	6.8	18.3	3.3	6.95	8.05	7.3	1099.2	1832	S	لیلان	605733	4097377	17
519	2.34	33.9	15.71	0.3	5	3.98	6.4	15.7	4.05	2.5	9.15	6.7	943.2	1572	S	شیرین کند	613403	4096749	18
509	1.97	30.4	14.62	0.2	4.24	3.98	6.2	14.6	3.1	3.45	8.05	7	879	1465	S	چیغالو	613742	4098499	19
440	1.77	29.7	12.52	0.2	3.54	3.68	5.12	12.5	2.3	3.75	6.45	7.5	753	1255	S	لیلان	608797	4096701	20

ادامه ضمیمه ج. نتایج آنالیز شیمیایی ملکات در خرداد ۸۶

سختی کل CaCO_3 بر حسب meq/L	SAR	Na%	meq/L									pH	باقیمانده خشک TDS (mg/L)	هدایت الکتریکی EC ($\mu\text{S/cm}$)	نوع منبع آب	نام محل	مختصات نقطه ای U.T.M (متر)		ردیف
			جمع کاتیونها	K^+	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	جمع آنیونها	SO_4^{-2}	Cl^-	HCO_3^-						X	Y	
352	1.35	26.5	9.58	0.1	2.4	2.56	4.48	9.6	1.45	2.65	5.5	7.7	577.2	962	S	لیلان	607813	4095756	21
630	2.05	29	17.74	0.2	4.9	5	7.6	17.8	3.25	8.9	5.6	7.5	1068	1780	S	قره چال	600265	4107991	22
419	1.1	21.2	10.64	0.1	2.14	2.38	6	10.7	2.4	1.75	6.5	7.3	640.2	1067	S	عباس آباد	598501	4113273	23
345	1.58	29.9	9.84	0.1	2.8	2.76	4.14	9.85	1	2.5	6.35	7.6	592.2	987	S	بایقوت	592795	4111598	24
477	2.81	39.1	15.67	0.1	6	5.62	3.92	15.7	3.1	5.35	7.2	7.5	941.4	1569	S	مبارک آباد	592516	4113771	25
1080	3.92	37.3	34.47	0.1	12.8	12	9.6	34.5	15.55	11.8	7.15	7.3	2070	3450	S	علی آباد قشلاق	595365	4119781	26
514	1.26	21.7	13.13	0.1	2.8	4.28	6	13.1	9.25	1	2.85	7.5	788.4	1314	Q	دمیرچی	606466	4105873	27
770	1.45	20.7	19.43	0.2	3.8	7.4	8	19.5	10.75	1.35	7.35	7.5	1168.8	1948	S	امیرغایب	608065	4108216	28
550	3.522	42.9	19.26	0.2	8.1	5.8	5.2	19.3	1.85	4.25	13.15	7.6	1156.8	1928	S	لک لر	596100	4107000	29
585	6.144	55.9	26.56	0.4	14.5	5.56	6.14	26.6	4.4	13.5	8.65	7.5	1596	2660	S	حمدیل	602100	4099400	30
381	2.177	35.8	11.87	0.6	3.66	3.64	3.98	11.9	2.25	2.65	6.95	7.7	712.8	1188	S	شیپلو بالا	602400	4096000	31
529	2.948	39.1	17.36	0.6	6.2	4.18	6.4	17.4	2.05	7.05	8.25	7.5	1044	1740	S	لیلان	607000	4112800	32
390	1.322	25.1	10.41	0.1	2.55	3.32	4.48	10.4	2.95	1.5	5.95	7.5	627	1045	S	آروق	601700	4111300	33
348	1.437	27.8	9.64	0.1	2.6	2.22	4.74	9.65	1.35	1.05	7.25	7.5	580.2	967	S	قوریجان	600500	4114000	34
561	1.444	23.4	14.64	0.2	3.25	4.42	6.8	14.7	4.5	1.9	8.25	7.6	879.6	1466	S	ملا سراب	598000	4107800	35



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences

MSC Thesis

Geology - Hydrogeology

Title:

Study of Hydrogeology and Hydrogeochemistry of
Malakan Plain Aquifer

SUPERVISORS:

Dr. Gholam Abbas Kazemi
Dr. Asghar Asghari Moghaddam

Advisor

M. Aziz Alinejad

By:

Fatemeh Jafarzadeh

February 2008