بررسی پتانسیل آسیب پذیری آبخوان به روش DRASTIC (مطالعه موردی: آبخوان دشت یاسوج)

پوریا انوری[1*]، علیرضا فریدحسینی [2]، کامران داوری[3]، سعیدرضا خداشناس[4]، عادل احمدی حسینی[5]

۱*- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

۳ و ٤- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران- ژئوتکنیک، دانشگاه صنعتی شریف

(anvpooria@gmail.com)

خلاصه

شناسایی و تهیه نقشه پهنه بندی مناطق آسیب پذیر آبخوان، یعنی مناطقی که امکان نفوذ و پخش آلاینده ها از سطح زمین به سیستم آب زیرزمینی وجود دارد، یک ابزار مدیریتی مناسب برای جلوگیری از آلودگی منابع آب زیرزمینی می باشد. در مدل دراستیک (DRASTIC) از مشخصه های موثر در ارزیابی آسیب پذیری آبخوان آب زیرزمینی شامل عمق سطح ایستابی، شبکه تغذیه، جنس آبخوان، نوع خاک، شیب توپوگرافی، مواد تشکیل دهنده منطقه غیر اشباع و هدایت هیدرولیکی استفاده می شود که به صورت هفت لایه در نرم‌افزار ArcGIS تهیه شدند و با وزن دهی و رتبه بندی و تلفیق هفت لایه فوق، نقشه نهایی آسیب پذیری آبخوان نسبت به آلودگی تهیه گردید. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد بیشترین درصد پتانسیل آسیب پذیری مربوط به کلاس خیلی کم است که در گستره آبخوان وجود دارد. همچنین بیشترین مقدار آلودگی مربوط به نواحی غربی و جنوب غربی آبخوان است که هرچه به مناطق شمالی آن نزدیک می‌شویم از پتانسیل آلودگی کاسته می‌شود.

کلمات کلیدی: آسیب پذیری آبخوان، مدل DRASTIC، آبخوان یاسوج، آب های زیرزمینی

۱. مقدمه

آب های زیرزمینی یک منبع با ارزش در بیشتر کشورها به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک هست که مدیریت آبخوان ها در این زمینه بسیار ضروری است و نقش کیفیت آب های زیرزمینی جهت مدیریت بهتر، بسیار مهم هست. برخی ویژگی های یک آبخوان مانند آزاد بودن، کم عمق بودن و نفوذپذیر بودن آن، سبب می شود که آبخوان ها در معرض آلوده شدن از راه آب های سطحی قرار گیرد (۱). امکان نفوذ و انتشار آلاینده ها به درون سیستم آب زیرزمینی را آسیب پذیری می نامند. آسیب پذیری به عنوان یک استعداد ذاتی سیستم آب زیرزمینی است که وابسته به میزان حساسیت سیستم به تأثیرپذیری فعالیت انسانی و یا طبیعی هست. آسیبپذیری از لحاظ مفهومی به دو دسته ذاتی یعنی حساسیت آبخوان به عوامل طبیعی و ویژه یعنی بررسی آسیب پذیری ذاتی یک سیستم همراه با احتمال قرار گرفتن آب های زیرزمینی در معرض نفوذ آلاینده ها تقسیم می شود (۲). در حال حاضر منابع آلاینده مثل زباله های شهری، فاضلاب های صنعتی و فعالیت های کشاورزی روز به روز در حال افزایش هستند .واضح است که محافظت از کیفیت آب زیرزمینی بسیار آسانتر و کم هزینه تر از حذف آلودگی‌ها هست. به همین منظور سیاست های مدیریتی مختلفی از جمله تعیین آسیب پذیری یا شناسایی نواحی مستعد آلودگی در آبخوان ها، جهت حفاظت منابع زیرزمینی در برابر آلاینده ها توسعه یافته اند (۳). روش های زیادی مانند روش های فرآیندی، آماری و اندیس و همپوشانی برای ارزیابی آسیب پذیری آبخوان ها ارائه شده است (۴).

روش های شاخص و همپوشان ترکیبی از پارامترهای هیدروژئولوژیک مؤثر در انتقال آلودگی به آب‌های زیرزمینی و تعیین اهمیت نسبی هر یک از پارامترها می باشند .گرچه این روش ها فرآیندهای مؤثر در آلوده شدن منابع آب زیرزمینی را کاملاً شرح نمی‌دهند، اما به دلیل ساده بودن روش و در دسترس بودن داده‌های مورد نیاز، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (۵). پراستفاده ترین و شناخته شده ترین روش شاخص و همپوشانی، مدل دراستیک است. در این مدل اطلاعات پارامترهای مختلف به صورت تلفیقی و به طور موازی مورد تجزیه و تحلیل قرار میگیرند و سپس توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) پردازش می گردند (۶).

در مدل دراستیک طبقه بندی و تعیین ضرایب مشخصه ها تا حدودی سلیقه‌ای و بر مبنای آرای کارشناسی است. بیشتر محققان حذف مشخصه های کم اهمیت، اضافه کردن مشخصه های مؤثر، اصلاح ضرایب مدل و رتبه بندی مشخصه ها را لازم می دانند (۷). متداول ترین مدل های ترکیب نقشه ها برای اجرا در GIS، مدل منطق بولین، مدل همپوشانی و شاخص، مدل منطق فازی و مدل وزن های نشانگر هستند.

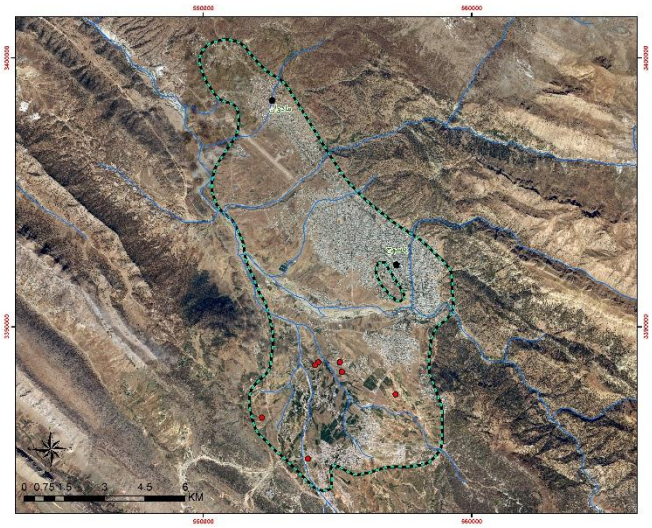
مطالعات زیادی با استفاده از مدل دراستیک انجام شده است به عنوان مثال در سال ۲۰۰۴ برای تعیین مناطق مستعد در برابر آلودگی ناشی از منابع انسانی در آبخوان کاکامیگاهارا در ژاپن مرکزی، از مدل دراستیک در محیط GIS استفاده شده و نتیجه این شد که بخش غربی آبخوان کاکامیگاهارا در رده بندی آسیب پذیری بالا و بخش شرقی در رده بندی آسیب پذیری متوسط قرار میگیرند. نقشه آسیب پذیری نهایی آبخوان کاکامیگاهارا نشان می دهد که خطر بالای آلودگی در بخش شرقی آبخوان در نتیجه پتانسیل آلودگی بالای کشاورزی و زراعت وجود دارد. همچنین نتیجه شد پارامتر تغذیه خالص بیشترین تاثیر را بر روی آسیب پذیری آبخوان داشته و به دنبال آن محیط خاک، توپوگرافی، زون وادوز و هدایت هیدرولیکی در رده های بعدی قرار میگیرند (۸). مدل دراستیک را می توان در کنار سایر روش های تحلیلی نظیر روش های فازی و شبکه های عصبی نیز به کار برد اما این مدل دارای یک سری محدودیت هایی می باشد. از جمله این که انتخاب ارزش عددی پارامترها تا حدودی کارشناسی بوده واین روش ها نمی توانند به عنوان یک روش دقیق پیش بینی مورد استفاده قرار گیرند و مهمتر این که در این روش یک مقدار آسیب پذیری مطلق ارائه نمی‌شود با وجود این سادگی و سهولت تهیه اطلاعات مورد نیاز آن ها در مقیاس ناحیه ای از مزایای عمده این روش می‌باشد. (۹)

۲. مواد و روش ها

معرفی محدوده مطالعاتی

محدوده مطالعاتی یاسوج با کد ۲۳۱۷ در بخش شرقی استان کهگیلویه و بویراحمد قرار دارد. وسعت این محدوده ۲۱۶۰ کیلومتر مربع است و آبخوان یاسوج با مساحتی در حدود ۸۵ کیلومتر مربع در این محدوده واقع می‌باشد. شهرستان‌های یاسوج و سی‌سخت از مراکز پر جمعیت در این محدوده می‌باشند. از راه‌های دسترسی به این منطقه می‌توان به راه‌های یاسوج – شیراز و یاسوج – سی سخت اشاره نمود.

بررسی های زمین شناسی و هیدروژئولوژی انجام شده نشان می دهد که وجود گسل‌های متعدد در منطقه، سازندهای آهکی منطقه، رخنمون های زمین شناسی در دشت و ... سبب پیچیدگی خاص این آبخوان گردیده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی آبخوان دشت یاسوج و چاه های آن را نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی آبخوان دشت یاسوج و چاه های آن

۳. روش کار

دراستیک مخفف پارامترهای عمق تا آب زیرزمینی، تغذیه، مواد تشکیل دهنده آبخوان، نوع خاک، توپوگرافی، اثرمنطقه اشباع و هدایت هیدرولیکی آبخوان است که در یک سیستم هیدروژئولوژیکی کنترل کننده آلودگی آب زیرزمینی می باشند و اولین بار در آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا EPA، توسط آلر و همکاران در سال ۱۹۸۷ برای استاندارد نمودن سیستمی تهیه شد که آسیب پذیری آب زیرزمینی را نسبت به آلودگی مورد ارزیابی قرار می داد.

دراستیک براساس چهار فرضیه پایه گذاری شده است:

۱. آلودگی در سطح زمین تولید می گردد.
۲. آلودگی از طریق نفوذ به آب زیرزمینی منتقل می گردد.
۳. عامل حرکت آلوده کننده آب است.
۴. منطقه مورد مطالعه در روش دراستیک بایستی بزرگتر از ۴/۵ کیلومتر مربع (۴۵ هکتار) باشد.

در این روش برای ارزیابی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی از شاخص آسیب پذیری استفاده می گردد که برای بدست آوردن آن به سه عامل وزن دهی، درجه بندی و محدوده پارامترهای هفت گانه مدل دراستیک نیاز وجود دارد.

وزن دهی

بر اساس تئوری مدل به هریک از پارامترهای هفت گانه دراستیک و نسبت به اهمیت هریک از آنها بر اساس آخرین آمار و اطلاعات اخذ شده از شرایط آبخوان وزنی برابر با ۱ تا ۵ داده می شود بطوریکه به مهمترین آنها وزن ۵ و به کم اهمیت ترین آنها وزن ۱ داده شده است (جدول ۱). در عمل وزن دهی ها در هر منطقه یکسان نیست و با توجه به شرایط حاکم در آن منطقه و خصوصیات هیدروژئولوژیکی آبخوان تعیین می شوند.

جدول ۱- وزن‌های نسبت داده شده به پارامترهای هفت گانه مدل دراستیک

ردیف	پارامتر	وزن
۱	عمق آب زیرزمینی D	۵
۲	تغذیه R	۴
۳	محیط آبخوان A	۳
۴	نوع خاک S	۲
۵	توپوگرافی T	۱
۶	اثر منطقه غیراشباع I	۵
۷	هدایت هیدرولیکی آبخوان C	۳

محدوده پارامترها

در مدل دراستیک هر یک از پارامترها براساس محیط و حوضه مورد نظر و اثرآنها بر پتانسیل آلودگی به محدوده هایی تقسیم می شوند که اساس رتبه بندی پارامترها ذکر شده می باشد.

رتبه بندی

به هر یک از پارامترهای مدل دراستیک با توجه به موقعیت آنها در محدوده های ذکرشده ارزشی بین ۱ تا ۱۰ نسبت داده می شود.

پارامترهای مدل دراستیک

در مدل دراستیک، هفت پارامتر عمق آب زیرزمینی، تغذیه خالص، محیط آبخوان، محیط خاک، توپوگرافی، محیط غیر اشباع و هدایت هیدرولیکی آبخوان برای محاسبه شاخص دراستیک مورد استفاده قرار می گیرند.

عمق تا سطح ایستابی

این پارامتر تعیین کننده عمقی است که آلوده کننده بایستی طی کند تا به سطح ایستابی برسد و اهمیت قابل توجهی دارد. معمولاً ظرفیت میرایی با افزایش عمق تا سطح ایستابی افزایش می یابد چرا که هر قدر سطح آب عمیق تر باشد موجب می گردد تا زمان حرکت و ماندگاری آلوده کننده افزایش یابد. حضور لایه های با تراوایی کم که آبخوان را محصور می سازند نیز موجب ایجاد محدودیت در حرکت آلوده کننده به یک آبخوان می شوند.عمق تا سطح ایستابی در آبخوانهای محصور بصورت عمق تا بالای آبخوان درنظر گرفته می شود. در آبخوانهای نیمه تحت فشار باتوجه به شرایط آبخوان و ویژگیهای آن بصورت تحت فشار و یا بصورت آزاد در نظر گرفته می شود.

تغذیه خالص

تغذیه خالص مقدار آبی است که از سطح زمین نفوذ نموده و به سطح ایستابی می رسد. تغذیه آب موجب می گردد تا آلوده کننده به صورت عمودی انتقال یافته و به سطح ایستابی برسد و بصورت افقی در آبخوان حرکت کند. همچنین این پارامتر حجم آبی را که موجب پراکنش و رقیق سازی آلوده کننده در مناطق اشباع و غیر اشباع می گردد، در کنترل دارد. معمولاً هرقدر تغذیه بیشتر باشد پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی بیشتر است.

مواد تشکیل دهنده آبخوان

محیط آبخوان تعیین کننده طول و چگونگی مسیر آلاینده ها در آبخوان است. بعبارت دیگر نشان دهنده پتانسیل، انتقال جانبی آلاینده ها در آبخوان است. طول مسیر در تعیین زمان لازم برای فرآیندهای میرایی نظیر جذب، واکنشهای شیمیایی و پراکنش از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. محیط آبخوان همچنین بر مقدار سطح مؤثر موادی که با آلوده کننده در تماس هستند مؤثر می باشد.

محیط خاک

محیط خاک تأثیر بسیار مهمی در تغذیه ای دارد که به سطح ایستابی نفوذ می نماید و از این رو بر چگونگی حرکت آلاینده مؤثر می باشد. وجود مواد با بافت ریزدانه نظیر سیلت و رس تراوایی نسبی خاک را کاهش می دهند و مهاجرت و حرکت آلاینده ها را محدود می سازند. محیط خاک برحسب رده بندی بافت آن مشخص می گردد و بر اساس پتانسیل آلودگی آن امتیاز بندی می شود.

توپوگرافی

توپوگرافی بصورت شیب و تغییرات سطح زمین مورد توجه قرار می گیرد. علاوه بر این توپوگرافی بر گسترش خاک و در نتیجه بر میرایی آلاینده نیز مؤثر است. بنابراین توپوگرافی حرکت آلاینده و نگهداری آن را بر سطح زمین در کنترل دارد.

اثر منطقه غیر اشباع

منطقه غیراشباع منطقه بالایی سطح ایستابی است و نشان دهنده پتانسیل، انتقال عمودی آلاینده ها به آب زیرزمینی است. نوع محیط منطقه غیراشباع تعیین کننده خصوصیات میرایی مواد تشکیل دهنده منطقه خاک و سنگهای بالای سطح ایستابی است. همچنین طول مسیر و چگونگی روند حرکت آلاینده را درکنترل دارد و از این رو بر زمان لازم برای مقدار و میرایی موادی در برخورد با آلاینده هستند مؤثر می باشد.

هدایت هیدرولیکی

هدایت هیدرولیکی عبارتست از قابلیت مواد تشکیل دهنده آبخوان برای انتقال آب که به نوبه خود بر شدت جریان آب زیرزمینی که تحت یک شیب هیدرولیکی مشخص در جریان است، تأثیر دارد. هدایت هیدرولیکی وابسته به مقدار فضاهای خالی و نحوه اتصال بین آنها در آبخوان است.

شاخص آسیب پذیری مدل دراستیک

شاخص دراستیک یا شاخص پتانسیل آسیب پذیری آبخوان به روش دراستیک بیانگر پتانسیل ذاتی آسیب پذیری آبخوان در هر سلول یا چند ضلعی موجود در نقشه است که از حاصل جمع پارامترهای وزن دهی و رتبه بندی شده حاصل می شود. طبق تئوری این مدل، این شاخص از معادله زیر بدست می آید.

$$DRASTICIndex = D_r \times D_w + R_r \times R_w + A_r \times A_w + S_r \times S_w + T_r \times T_w + I_r \times I_w + C_r \times C_w$$

که در این رابطه r رتبه و w وزن هریک از پارامترهاست.

۴. نتایج و بحث ها

شاخص آسیب‌پذیری آبخوان با استفاده از لایه های رستری پارامترهای ذکر شده و از رابطه زیر محاسبه شده است.

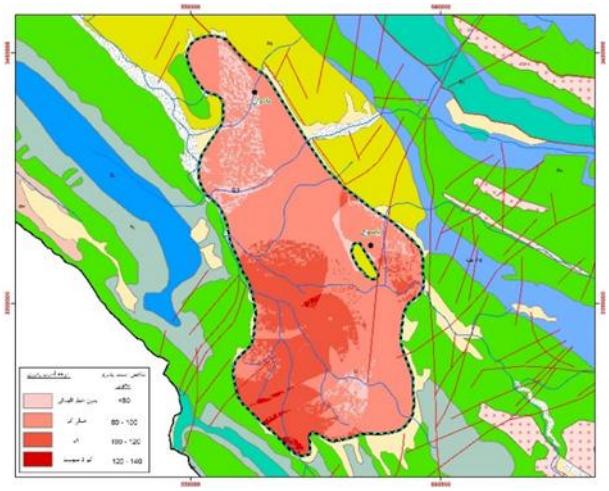
شاخص آسیب‌پذیری = Dr.Dw + Rr.Rw + Ar.Aw + Sr.Sw + Tr.Tw + Ir.Iw + Cr.Cw

که در رابطه بالا، r رتبه بندی و w وزن هر یک از پارامترها است.

جهت تهیه این شاخص از دستورالعمل های موجود[1]، استفاده شده است (جدول ۲). همچنین در شکل (۲) رتبه بندی شاخص آسیب پذیری آبخوان ارائه شده است.

جدول ۲- شاخص آسیب‌پذیری آبخوان

شاخص آسیب‌پذیری	درجه آسیب‌پذیری
<۸۰	بدون خطر آلودگی
۸۰ - ۱۰۰	خیلی کم
۱۰۰ - ۱۲۰	کم
۱۲۰-۱۴۰	کم تا متوسط
۱۴۰-۱۶۰	متوسط تا زیاد
۱۶۰-۱۸۰	زیاد
۱۸۰-۲۰۰	خیلی زیاد
>۲۰۰	کاملا مستعد آلودگی



شکل ۲- رتبه بندی شاخص آسیب پذیری آبخوان دشت یاسوج

[1] - A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. Linda Aller et. al., 1987.

۵. نتیجه گیری

در روش دراستیک شاخص آسیب پذیری می تواند بین ۲۳ تا ۲۳۰ تغییر کند و هرچه این شاخص عدد بالاتری را نشان دهد، حاکی از آسیب پذیرتر بودن منطقه نسبت به آلودگی می‌باشد. نتایج حاصل از مدل دراستیک که تقریباً کامل ترین شاخص برای ارزیابی پتانسیل آسیب‌پذیری آبهای زیرزمینی است، نشان می‌دهد که میزان آسیب‌پذیری آبخوان یاسوج بین اعداد ۶۸ تا ۱۳۰ تغییر می کند. آسیب پذیری این آبخوان با توجه به موارد مذکور و همچین نحوه طبقه بندی ارائه شده در جدول فوق در بین رده های آسیب پذیری بدون خطر آلودگی کم تا متوسط قرار می گیرد. همچنین بیشترین خطر آلودگی در این آبخوان در بخش جنوب غربی آبخوان مشاهده می شود و هرچه به مناطق شمالی آبخوان نزدیک می شویم از مقدار آلودگی کاسته می‌شود.

۶. مراجع

1. Javadi S, Kavehkar N, Mousavizadeh MH and Mohammadi K, 2011. Modification of DRASTIC model to map groundwater vulnerability to pollution using nitrate measurements in agricultural areas. Journal of Agricultural Science and Technology 13: 239-249.

۲. ناصری؛ ح، صارمی نژاد؛ ف، (۱۳۹۰)، "مقایسه ارزیابی آسیب پذیری آبخوان به روش های DRASTIC و منطق فازی"، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال ۴، شماره ۱۱، صفحه های ۱۷ تا ۳۴.

3. Mohammadi K, Niknam R and Majd V, 2009. Aquifer vulnerability assessment using GIS and fuzzy system: a case study in Tehran–Karaj aquifer, Iran. Environmental Geology 58: 437-446.

4. Chitsazan M and Akhtari Y, 2009. A GIS-based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kherran plain, Khuzestan, Iran. Water Resource Management 23: 1137-1155.

۵. احمدی ع و آبرومند م، ۱۳۸۸ . بررسی پتانسیل آلودگی آبخوان دشت خاش، شرق ایران، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. فصلنامه زمین شناسی کاربردی، سال ۵، شماره ۱، صفحه های ۱ تا ۱۱

6. Dixon B, 2005. Groundwater vulnerability mapping: A GIS and fuzzy rule based integrated tool. Applied Geography, 25: 327–347.

۷. مهدوی؛ ع، زارع ابیانه؛ ح، (۱۳۹۵)، "تعیین پتانسیل آسیب پذیری آبخوان براساس مدل های دراستیک و منطق فازی (مطالعه موردی: دشت همدان- بهار)"، نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۶، شماره ۱.

8. Babiker I.S., Mohamed M.A.A., Hiyama T. and Kato K. 2005. A GIS-based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kakamigahara Heights, Gifu Prefecture, central Japan. Sci, Total Environ, 345: 127–140

۹. تبرمابه؛ م، واعظی هیر؛ ع، (۱۳۹۳)، "ارزیابی آسیب پذیری آبخوان آزاد دشت تبریز"، نشریه آب و خاک، جلد ۲۸، شماره۶.

Investigation of Aquifer Vulnerability Potential by DRASTIC Method (Case Study: Yasuj Aquifer)

Pooria Anvari[1*], Alireza Faridhosseini[2], Kamran Davary[3], Saeed Reza Khodashenas[4], Adel Ahmadi Hosseini[4]

1. Master of Civil Engineering- Hydraulic Structures, Islamic Aazad University of Mashhad
2. Associate Professor, Water Resources Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad
3. Professor, Water Resources Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad
4. Professor, Water Resources Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad
5. Master of Geotechnical Engineering, Sharif University of Technology

(anvpooria@gmail.com)

Abstract:
Identification and mapping of vulnerable watershed areas, meaning areas where pollutants can infiltrate into the groundwater system, is an appropriate management tool to prevent contamination of groundwater resources. In the DRASTIC model, effective properties are used to assess the vulnerability of groundwater aquifers such as water depth, feeding network, aquifer material, soil type, topographic slope, unsaturated zone components, and hydraulic conductivity. These layers were prepared in ArcGIS software and by weighting, ranking and integrating the above seven layers, the final map of aquatic vulnerability was prepared. The results show that the highest percentage of potential vulnerability is related to the very low class of aquifers. Most of the contaminants are also found in western and southwestern aquifers, and as the northern part of the aquifer approaches, the probability of contamination decreases.

Key Words: Aquifer Vulnerability, DRASTIC Model, Yasuj Aquifer, Groundwater.