# مقایسه چهار روش اندازه‌گیری صحرائی ضریب هدایت هیدرولیکی در منطقه رودشت اصفهان

# مقایسه چهارروش اندازه گیری صحرائی ضریب هدایت هیدرولیکی
# درمنطقه رودشت اصفهـــان

ناصرحاجیـان وسیدفرهـادموســوی
بترتیب مربی دانشگاه شهرکردواستادیار دانشگاه صنعتـی اصفهـــان

**چکیـده :**

ضریب هدایت هیدرولیکی یکی ازخصوصیات فیزیکی خاک است که درطرحهای آبیاری وزهکشی کاربرد دارد. روشهای متعددی برای اندازه گیری این پارامتردرمزرعه وجوددارکه ازمیان آنهاروشهای چاهـــک معکوس ، پمپاژبداخل چاهک کم عمق ، استوانه مضاعف ، واستفاده ازبافت خاک درتخمین هدایت هیدرولیکی انتخاب ودر ۱۴ ایستگاه منطقه رودشت اصفهان مورداستفاده قرارگرفته است . هرآزمایش درسه تکرارانجام شد. نتایج نشان دادکه باوجوددقت زیاددراندازه گیری مقادیرهدایت هیدرولیکی درهرروش ، همبستگی بسیار ضعیفی بین این چهارروش وجوددارد. ضریب همبستگی دررگرسیون خطی از ۰/۲۹۴ ـ تا ۰/۱۷۴ ودررگرسیون توانی از ۰/۲۹۹ ـ تا ۰/۲۸۹ تغییرکردکه درهرحال ، هیچکدام درسطح ۵ درصدمعنی دارنیستند.

**مقدمـه :**

ضریب آبگذری ( یاهدایت هیدرولیکی ) یکی ازخصوصیات فیزیکی مهم خاک است که چگونگی عبـــور آب دردرون خاک رابیان میکند. تعیین این پارامترکاربردهای وسیعی درعلوم آب وخاک دارد. بعنوان مثال، درطراحی فاصله زهکشها، برخی تاسیسات آبیاری ، ارزیابی حرکت موادآلوده کننده درخاک به سمت ذخائـر آب زیرزمینی ، طرحهای آبشوئی ، ومطالعات هیدرولوژیکی مخازن ذخیره ، ازاین فاکتوراستفاده میشود.

روشهای مختلفی برای اندازه گیری هدایت هیدرولیکی درآزمایشگاه ویامزرعه ( دربالاویازیرسطـــح ایستابی ) وجوددارد. ازآنجاکه درمناطق خشک ونیمه خشک ایران ، اغلب ، سطح ایستابی دراعماق پائیـــن قراردارد، لذابایدهدایت هیدرولیکی رابه روشهائیکه سطح ایستابی وجودنداردراندازه گیری کرد. دراین مـــورد میتوان به روشهائی چون : ۱ ) روش پمپاژبداخل چاهک کم عمق[1] ، ۲ ) : چاهک وارونه[2] ، ۳ ) : استفـــاده از بافت خاک ویااندازه ذرات خاک درتخمین هدایت هیدرولیکی ، ۴ ) روش نفوذسنجی[3] ، ۵ ) استفاده ازدولوله[4]، ۶ ) تکنیک پرمئامترباورودهوا[5] ، و ۷ ) استوانه مضاعف[6] اشاره نمود ( ۲، ۳، ۴، ۶ و ۷ ) .

---

1- Shallow well pump-in (well permeameter)
2- Inverted augerhole (porchet)
3- Ring permeameter
4- Double-tube
5- Air-entry permeameter
6- Double ring

ازآنجاکه هرکدام ازروشهای فوق الذکر، اصول ، معایب ومزایائی رادربردارند، انتخاب یک روش درمطالعات طرحهای آبیاری وزهکشی به عوامل زیادی منجمله حجم خاک موردآزمایش ، جهت غالب جریان ، وجودقلوه سنگ درخاک ، نیروی انسانی ، وسائل وامکانات ، زمان ومیزان مصرف آب این روشها بستگی دارد ( ۱۲ ) . مسلما" نتایج بدست آمده ازاین روشهابایکدیگرتفاوتهائی دارندکه گاه این اختلافات سبب ایجادشک وتردیددردقت آزمایشها میگردند.

هدف ازمطالعه حاضر، تحقیق درموردوجود( یاعدم وجود ) همبستگی بین مقادیراندازه گیری شده صحرائی هدایت هیدرولیکی به چهارروش پمپاژبداخل چاهک کم عمق ، چاهک وارونه ، استفاده ازبافت و اندازه ذرات ، واستوانه مضاعف درمنطقه رودشت اصفهان میباشد.

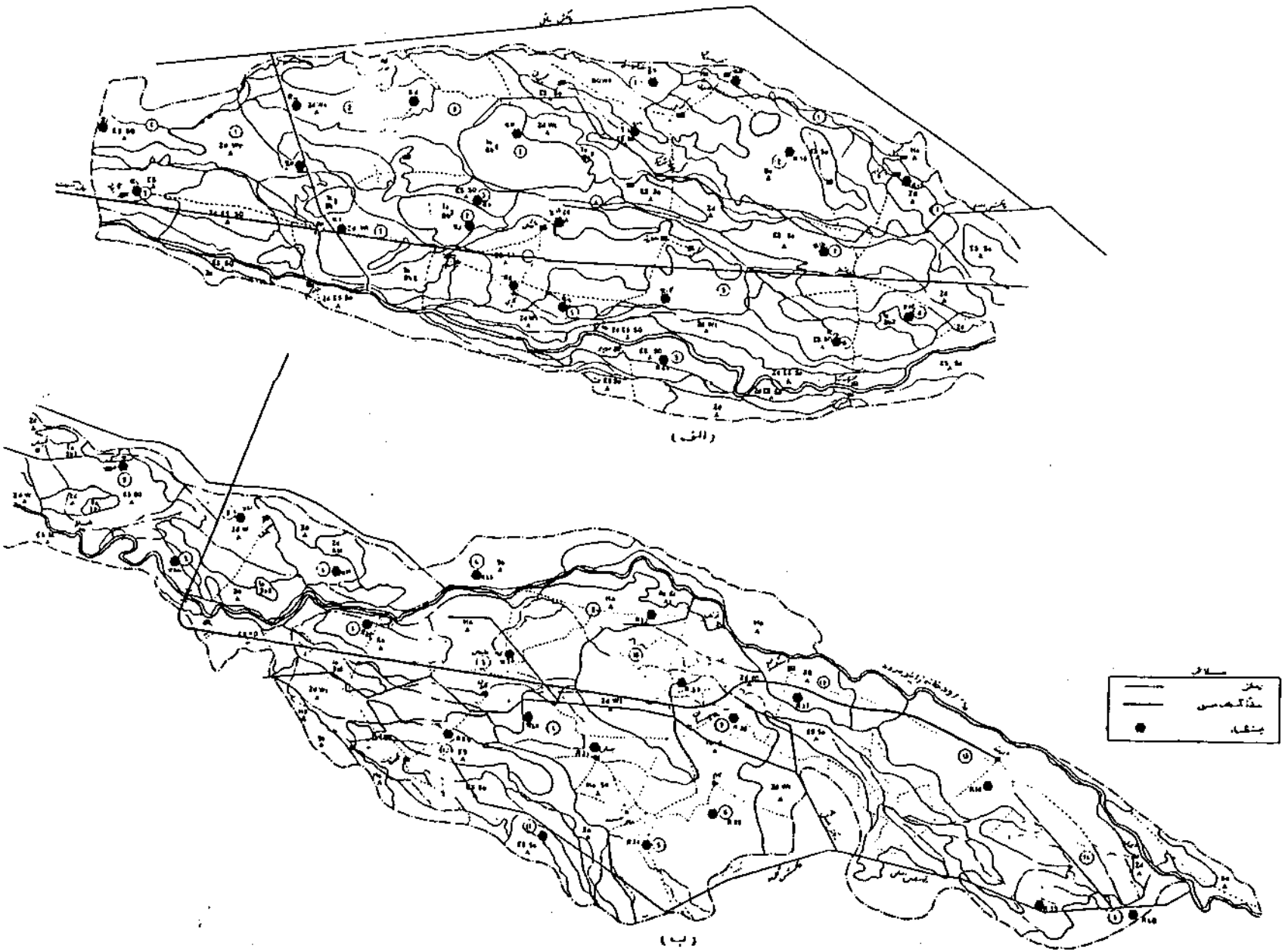
## مواد وروش :

رودشت بامساحتی بالغ بر ۵۰ هزارهکتاردرجنوب شرقی اصفهان واقع وانتهائی ترین دشت مشروب رودخانه زاینده روداست ( ۳ ) ( شکل ۱ ) . این منطقه توسط رودخانه به دوقسمت رودشت شمالی ورودشت جنوبی تقسیم میگرددکه مجموعا" به آنهارودشتین اطلاق میگردد. سطح زیرکشت فعلی دراین منطقه حدودا" ۱۶ هزارهکتاراست . کشاورزی دراین ناحیه بدلیل نارسائیهای شبکه انهارسنتی ، ناپایداری بندهای قدیمی، مشکلات ناشی ازماندابی ، وشوری قلیائیت باراندمان کمی روبرومیباشد ( ۳ ) . عدم وجودشبکه زهکشی فراگیردرمنطقه وکمبودآب موجب میشودتاهمه ساله دربخشهائی ازاراضی کشت شده محصولی بعمل نیاید وعلیرغم راندمان کیفی خوب زمینهای منطقه ، کشاورزی نتواندجوابگوی نیازهای معیشتی زارعین باشد.

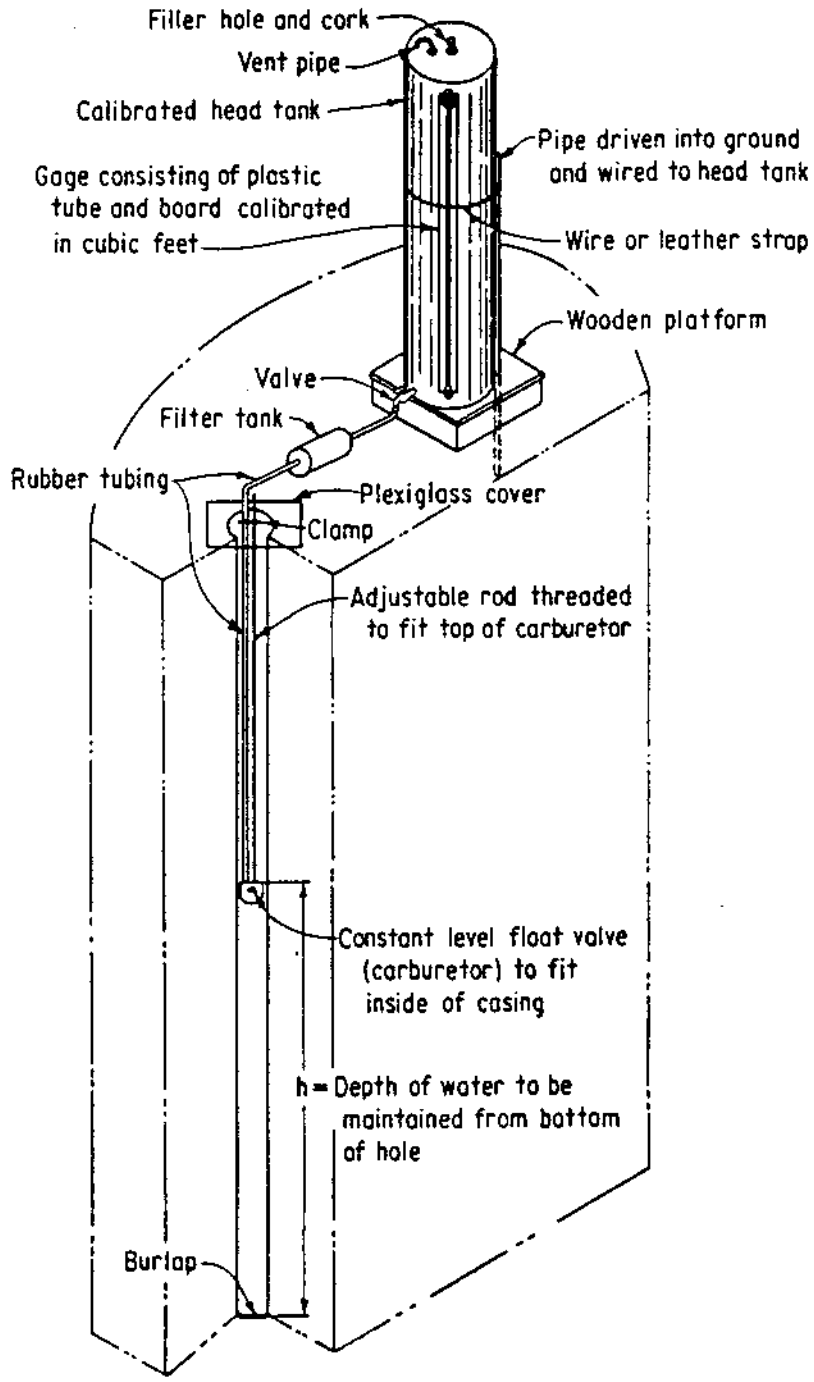
یکی ازپارامترهای لازم برای مطالعات طرح شبکه آبیاری وزهکشی دراین منطقه ، ضریب هدایت هیدرولیکی K است . ازمیان روشهای مختلف اندازه گیری K ، چهارروش پمپاژبداخل چاهک کم عمق ، چاهک وارونه ( معکوس ) ، استفاده ازبافت واندازه ذرات ، واستوانه های مضاعف انتخاب گردیدند . درشکل ۱ محل ایستگاههای اندازه گیری K نشان داده شده است . درمجموع ، ۴۲ ایستگاه درسریهای خاک منطقه درنظرگرفته شده که روشهای چاهک وارونه ، استفاده ازبافت ، واستوانه مضاعف درتمام آنهاانجام شده ولی روش پمپاژبه داخل چاهک کم عمق فقط در ۱۴ ایستگاه اجراشده است . بنابراین نتایج این ۱۴ ایستگاه بایکدیگرمقایسه خواهندشد. شرح مختصرهریک ازروشهای چهارگانه فوق ضروری بنظرمیرسد . جزئیات هرروش درمنابع ارائه شده یافت میشود.

۱- روش پمپاژبه داخل چاهک کم عمق

این روش ، که بنام چاهک نفوذ سنج نیزشناخته شده اساسا" شامل اندازه گیری حجم آبی است که ازیک چاهک بصورت جانبی نشت میکند. سطح آب دراین چاهک ثابت نگهداشته میشود. این روش ، K را بیشتردرجهت افقی اندازه میگیرد، ممکنست روزهاطول بکشدتابحالت تعادل برسد، بسیارپرهزینه است ، ومقدارزیادی آب نیازدارد ( ۱ ، ۵ ، ۷ ، ۱۳ و ۱۴ ) . شکل ۲ طریقه استقراروسائل این روش رانشان میدهد. نموگرامهای بخصوصی برای تخمین حداقل وحداکثرحجم آب لازم وهمچنین محاسبه K وجوددارد ( ۵ و ۱۳ ).



شکل ۱ـ موقعیت ایستگاههای تعیین هدایت هیدرولیکی درمنطقه رودشت اصفهان . شکل ( ب ) ادامه سمت راست قسمت ( الف ) میباشد.




شکل ۲ـ تجهیزات لازم برای آزمایش پمپاژبه داخل چاهک کم عمـق .

ازفرمولهای زیرنیزمیتوان K رامحاسبه کرد:

$$K = \frac{1440\left[Ln\left(\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1}\right) - 1\right]}{2\pi h^2} Q \qquad T_u \geqslant 3h \qquad (1)$$

$$K = 1440\left[\frac{3\,Ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\pi h(h+2T_u)}\right] Q \qquad 3h \geqslant T_u \geqslant h \qquad (2)$$

که :

K = هدایت هیدرولیکی ، متردرروز

Q = دبی خروجی آب ازمنبع آب ، مترمکعب دردقیقه

h = عمق آب درچاهک درطول مدت آزمایش ، متر

r = شعاع چاهک ، متر

$T_u$ = عمق سطح ایستابی یالایه غیرقابل نفوذازسطح آب ثابت داخل چاهک ، متر

۲ـ روش چاهک وارونه

آزمایش چاهک دربالای سطح ایستابی ، که درمراجع فرانسوی بعنوان روش پورشه نامیده میشود، عبارتست ازحفرچاهک تاعمق معین ، پرکردن آن باآب واندازه گیری سرعت پائین آمدن آب درآن . شکل ۳ تجهیزات لازم برای آزمایش چاهک معکوس رانشان میدهد. فرمول محاسبه K عبارتست از ( ۴ و ۵ ) :

$$K = 1.15r\,\frac{Log\left[h(t_1)+\frac{r}{2}\right] - Log\left[h(t_n)+\frac{r}{2}\right]}{t_n - t_1} = 1.15r\ tag\alpha \qquad (3)$$

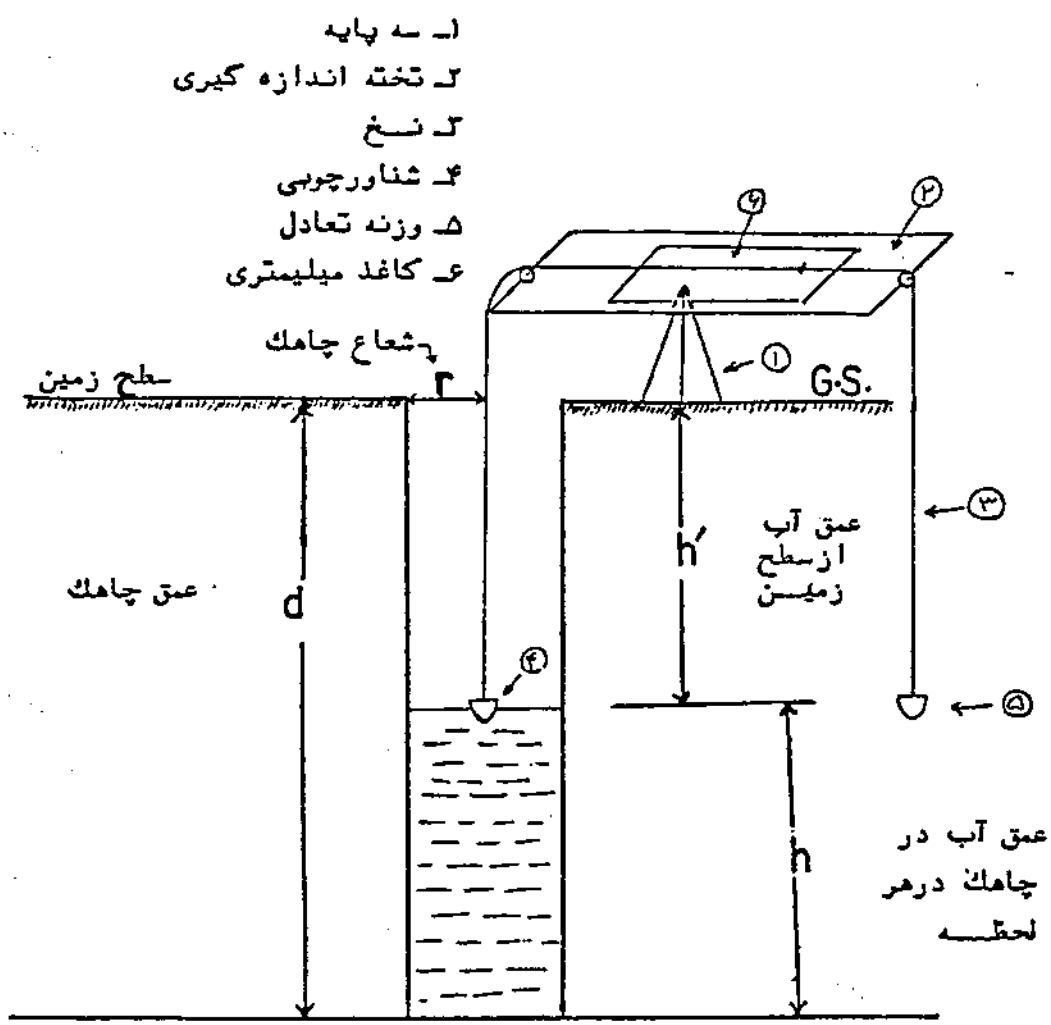
که : r = شعاع چاهک ، سانتیمتر

$h(t_1)$ = عمق آب درچاهک درزمان $t_1$ ، سانتیمتر

$h(t_n)$ = عمق آب درچاهک درزمان $t_n$ ، سانتیمتر

برای یافتن $tag\alpha$ کافیست برروی یک کاغذنیمه لگاریتمی مقادیر $h(t_i)+\frac{r}{2}$ بعنوان تابعی از $t_i$ رسم شوند. شیب خط حاصله مبین $tag\alpha$ است .

K اندازه گیری شده به این روش بیشتردرجهت افقی است تاعمودی ( ۶ ) . درخاکهای شنی صحت عمل کم است وباید ۳ تا ۶ بارتکرارشود ( ۱۲ ) .




شکل ۳ـ طریقه چاهک معکوس درتعیین هدایت هیدرولیکی .

۳ـ تخمین هدایت هیدرولیکی ازاندازه ذرات وبافت خاک

درخاکهای رسوبی که تخلخل خاک همبستگی نزدیکی باقطرذرات داردمیتوان بارابطه ای ، ضریب آبگذری رابه ابعادذرات خاک ارتباط داد. ازاین روش بایددرمواردی استفاده کردکه خاک ازذرات منفردشن تشکیل شده وهیچ نوع ساختمانی نداشته باشد، ویادرصدسیلت ورس از ۶ درصدکمترباشد ( ۲ ) . فرمولهای مختلفی توسط محققینی نظیر Kozeny , Ernst , Childs و Hazen ابداع شده است. درصورت ممارست ، یک خاکشناس ازروی بافت خاک ومشاهده عینی ساختمان خاک درمناطق خشک ، میتواند مقدارهدایت هیدرولیکی رابطورنسبتا" دقیقی تعیین کند ( ۱ و ۶ ) .

۴ـ روش استوانه مضاعف

درسطحی ازخاککه تقریبا" عاری ازگیاه ، بدون ترک وشکاف ظاهری ، شخم نخورده ونسبتا" مسطح است سه استوانه نفوذسنج به قطر ۲۲/۵ سانتیمتروارتفاع ۴۰ سانتیمتردرنقاط انتخابی قرارداده میشود. چون هدف اندازه گیری نفوذیک بعدی عمودی است ، ازاستوانه های محافظ به قطر ۵۵ سانتیمترای جلوگیری ازنشت جانبی آب استوانه داخلی استفاده میشود. پس ازفروبردن ۱۰ تا ۱۵ سانتیمترازاستوانه ها درخاک ، بطورهمزمان درهردواستوانه آب ریخته میشودوبلافاصله اندازه گیری نفوذ آب بخاک شروع میشود. آزمایش تارسیدن نفوذ به حدثابت ادامه مییابد. دراین حالت ، سرعت نفوذتقریبا" معیاری از K اشباع خواهدبود ( ۶ ) . دراین روش ، K درجهت عمودی اندازه گیری میشود، باسهولت انجام میگیردولی بسیاردقیق نیست ، ودرخاکهای شنی صحت عمل بسیارکم است ( ۶ ) ، ولی درسطح وسیع قابل کاربرد میباشد ( ۱۲ ) .

## نتایج وبحث

جدول ۱ نتایج آزمایشات اندازه گیری هدایت هیدرولیکی به روشهای مختلف رابرای ۱۴ ایستگاه درمنطقه رودشت اصفهان نشان میدهد. هرکدام ازروشهای پمپاژبدرون چاهک کم عمق ، پورشه واستوانه مضاعف درسه تکرارانجام شده اندکه جدول ۱ متوسط سه تکرارانشان میدهد. آزمایشات روش پورشه بعداز اتمام آزمایشات پمپاژبه داخل چاهک کم عمق ودرهمان چاهکهاصورت گرفته که بدین لحاظ مشکل عدم اطمینان ازاشباع شدن خاک اطراف چاهک وجودنداشته است . نتایج هدایت هیدرولیکی بااستفاده ازبافت خاک نیزتوسط کارشناس مجرب موسسه تحقیقات خاک وآب اصفهان بدست آمده است .

جدول ۲ نیزروابط رگرسیون خطی ( به فرم $y = a+bx$ ) وتوانی ( به فرم $y = ax^b$ ) بین هدایت هیدرولیکی بدست آمده ازروشهای مختلف رادراین منطقه نشان میدهد.

آنچه کهازجداول ۱ و۲ استنباط میشوداین است که باوجوددقت زیاددراندازه گیری هدایت هیدرولیکی به روشهای مختلف ، وداشتن حداقل سه تکراردرهرآزمایش ، همبستگی بسیارضعیفی بین این روشهاوجود دارد. ضریب همبستگی دررگرسیون خطی از ۰/۲۹۴ـ تا ۰/۱۷۴ ودررگرسیون توانی از ۰/۲۹۹ـ تا ۰/۲۸۹ تغییرمیکندکه درهرحال هیچکدام درسطح ۵٪ معنی دارنیستند. طبعا" ، انتخاب بهترین روش دراین مورد مشکل وپیچیده است ( ۱۲ ) . همانطوریکه بطورمختصردرقسمت موادوروش نیزاشاره گردید، هرکدام از

جدول ۱ـ نتایج آزمایشات صحرائی ضریب هدایت هیدرولیکی ( برحسب سانتیمتردرروز ) به روشهای مختلف درمنطقه رودشت اصفهان .

| محل آزمایش | شماره ایستگاه | روش پورشه | روش بافت خاک | روش پمپاژ به چاهک | روش استوانه مضاعف |
|---|---|---|---|---|---|
| برسیان شماره۱ | $R_1$ | ۵/۲ | ۴/۷ | ۳/۹ | ۱۳۴/۹ |
| برسیان شماره ۲ | $R_2$ | ۱۳/۴ | ۲۶/۳ | ۴/۴ | ۱۱۲/۳ |
| امامزاده خویا | $R_4$ | ۸/۶ | ۲۲۵/۰ | ۴/۶ | ۱۱۹/۸ |
| قلعه ساربان | $R_6$ | ۲۹/۹ | ۷۸/۶ | ۳/۰ | ۱۶۴/۹ |
| سیچی شماره ۱ | $R_{11}$ | ۲۱/۵ | ۵/۰ | ۴/۸ | ۸۵/۴ |
| سیچی شماره ۲ | $R_{12}$ | ۳۱/۳ | ۲۶/۲ | ۱۶/۴ | ۱۲۱/۴ |
| مادرکان | $R_{13}$ | ۳۴/۰ | ۱۰۴/۲ | ۴/۰ | ۹۳/۸ |
| پاجیک آباد | $R_{14}$ | ۲۸/۷ | ۸۲/۳ | ۵/۶ | ۶۱/۹ |
| شاطور | $R_{16}$ | ۱۱/۰ | ۸/۰ | ۲۱/۱ | ۱۲۳/۱ |
| شریف آباد | $R_{17}$ | ۸/۹ | ۹/۵ | ۴/۵ | ۹۲/۲ |
| گیشی | $R_{20}$ | ۴/۸ | ۶۰/۰ | ۱/۳ | ۱۴۷/۴ |
| سیون شماره ۱ | $R_{21}$ | ۱۳/۴ | ۷/۰ | ۶/۰ | ۱۱۹/۳ |
| سیون شماره۲ | $R_{22}$ | ۱۵/۷ | ۲۳۵/۰ | ۴/۱ | ۱۳۸/۲ |
| سیون شماره۳ | $R_{23}$ | ۹/۴ | ۵۱/۰ | ۷/۸ | ۷۱/۳ |

جدول ۲ـ روابط رگرسیون خطی وتوانی بین مقادیراندازه گیری شده صحرائی هدایت هیدرولیکی* به روشهای مختلف درردشت اصفهان .

| | فرمـــول | ضریب همبستگی |
|---|---|---|
| رگرسیون خطی | $K_p = 15.54 + 0.199K_{SW}$ | r = 0.106 |
| | $K_p = 16.26 + 0.009\ K_S$ | r = 0.066 |
| | $K_p = 23.15 - 0.056\ K_{DR}$ | r = -0.159 |
| | $K_{SW} = 7.91 - 0.021\ K_S$ | r = -0.294 |
| | $K_{SW} = 7.89 - 0.012\ K_{DR}$ | r = -0.064 |
| | $K_S = 14.17 + 0.457\ K_{DR}$ | r = 0.174 |
| رگرسیون توانی | $K_p = 8.85\ K_{SW}^{0.278}$ | r = 0.289 |
| | $K_p = 9.51\ K_S^{0.112}$ | r = 0.235 |
| | $K_p = 208.18\ K_{DR}^{-0.575}$ | r = -0247 |
| | $K_{SW} = 8.62\ K_S^{-0.148}$ | r = -0.299 |
| | $K_{SW} = 83.72\ K_{DR}^{-0.593}$ | r = -0.245 |
| | $K_S = 11.18\ K_{DR}^{0.220}$ | r = 0.045 |

* دراین جدول ، $K_p$ ، $K_{SW}$ ، $K_S$ و $K_{DR}$ بترتیب مقادیرهدایت هیدرولیکی به روشهای پورشه ، پمپاژ به داخل چاهک کم عمق ، استفاده ازبافت ، واستوانه مضاعف است .

روشهای چهارگانه فوق دارای معایب ومزایائی میباشند. مثلا" روش پمپاژبه داخل چاهک کم عمق ، نسبت به روش استوانه مضاعف ، به تجهیزات وزمان بیشتری نیازدارد، ولی ضمنا" دقیقتراست . مقادیرهدایت هیدرولیکی بدست آمده ازبافت خاک باهیچ روش دیگری همخوانی ندارد. اعدادروش استوانه مضاعف غالبا" درتمام منطقه نتایج فوق العاده زیادی رانشان میدهد.

نتیجه گیری کلی این تحقیق بدین صورت است که درمنطقه رودشت اصفهان ، روشهای چهارگانه پورشه ، پمپاژبه داخل چاهک کم عمق ، استفاده ازبافت خاک ، واستوانه مضاعف همبستگی بسیارضعیفی دراندازه گیری ضریب هدایت هیدرولیکی نشان داده اند. معیارهای معمول برای انتخاب روش مناسب و مقدارهدایت هیدرولیکی کافی بنظرنمی رسند.

## قدردانی

بخشی ازاین تحقیق جزء آزمایشات آبیاری وزهکشی منطقه رودشت میباشدکه بودجه آن توسط سازمان آب منطقه ای استان اصفهان تأمین گشته است وبدینوسیله قدردانی میگردد.

## منابع مورداستفاده :

۱ـ بازاری ، م. ا. ، ا. علیزاده و س . نیریزی ، ۱۳۶۷ . مهندسی زهکشی . ( تالیف جیمز . ان . لوتین ) . انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۲ـ بای بوردی ، م . ۱۳۶۸ . اصول مهندسی زهکشی وبهسازی خاک . انتشارات دانشگاه تهران .

۳ـ سازمان آب منطقه‌ای اصفهان ، ۱۳۶۹ . ساختمان شبکه آبیاری زهکشی رودشتین . مهندسین مشاور زاینداب ، اصفهان .

۴ـ سازمان آب‌منطقه ای اصفهان . ۱۳۶۹ . پروژه آبیاری وزهکش رودشتین اصفهان ، جلدسوم ، آزمایش سرعت نفوذومنحنی سطح آب زیرزمینی زمینهای کنارزهکش های موجودمنطقه ، اصفهان .

۵ـ شرکت مهندسی مشاورمهاب قدس ، ۱۳۶۶ . راهنماودستورالعمل اندازه گیری ضریب آبگذری برای مطالعات زهکشی . نشریه شماره ۴۱ـ ۱۴۳۰ ، تهران .

۶ـ علیزاده ، ا. ، ۱۳۶۶. زهکشی اراضی : طرح وبرنامه ریزی شبکه های زهکشی زراعی . انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۷ـ محسنیان ، م .ر. ، ۱۳۵۰ . عمران اراضی ، جلداول : اصول محاسبات زهکشی . کمیته ملی آبیاری وزهکشی ، وزارت نیرو.

8- Bouma,J., and F.D.Hole.1971. Soil structure and hydraulic conductivity of adjacent virgin and cultivated pedons at two sites. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35: 316-319.

9- Bouwer,H.1961. A double tube method for measuring hydraulic conductivity of soil in situ above a water table. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25 : 334-339.

10- Bouwer, H.1962. Field determination of hydraulic conductivity above a water table with the double-tube method. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26 : 330-339.

11- Bouwer,H.1966. Rapid field measurement of air-entry value and hydraulic conductivity of soil as significant parameters in flow system analysis. Wat. Resour. Res. 2 : 729-738.

12- International Instiute for Land Reclamation and Improvements. 1974. Drainage Principles and Applications. Vol. III: Surveys and Investigations, Wageningen, The Netherlands.

13- U.S. Department of the Interior.1984. Drainage Manual. Bureau of Reclamation, U.S.A.

14- Van Schilfgaarde, J.1974. Drainage for Agriculture. American Society of Agronomy, Pub. No. 17, U.S.A.

# Comparison of four methods of measuring hydraulic conductivity in Rudasht region in Isfahan

Hajian,N., and S.F.Mousavi

M.S., Shahrekord University, and Assistant Professor , Isfahan University of Technology

ABSTRACT

Hydraulic conductivity is one of the soil physical properties that has many applications in irrigation and drainage projects. There are different methods to measure it in the field. From these methods, the inverted augerhole method, shallow well pump-in, double ring, and using soil texture to estimate hydraulic conductivity are chosen and applied in 14 stations in Rudasht region in Isfahan. Each test was repeated three times. The results showed that with the high accuracy of performing the experiments, there is a very weak correlation between these four methods. The correlation coefficient in linear regression varied between -.294 to 0.174 and in power regression from -0.299 to 0.269, which, however, are not significant at 5% level.