مجله محیط زیست و مهندسی آب
شابک : ۲۴۷۶-۳۶۸۳
Journal of Environment and Water Engineering
ISSN: 2476-3683

ارزیابی معادلات زه‌کشی زیرزمینی در حالت جریان غیرماندگار در دشت شادگان استان خوزستان

وحید شهابی‌زاد، علیرضا حسن‌اقلی و عباس ستوده‌نیا

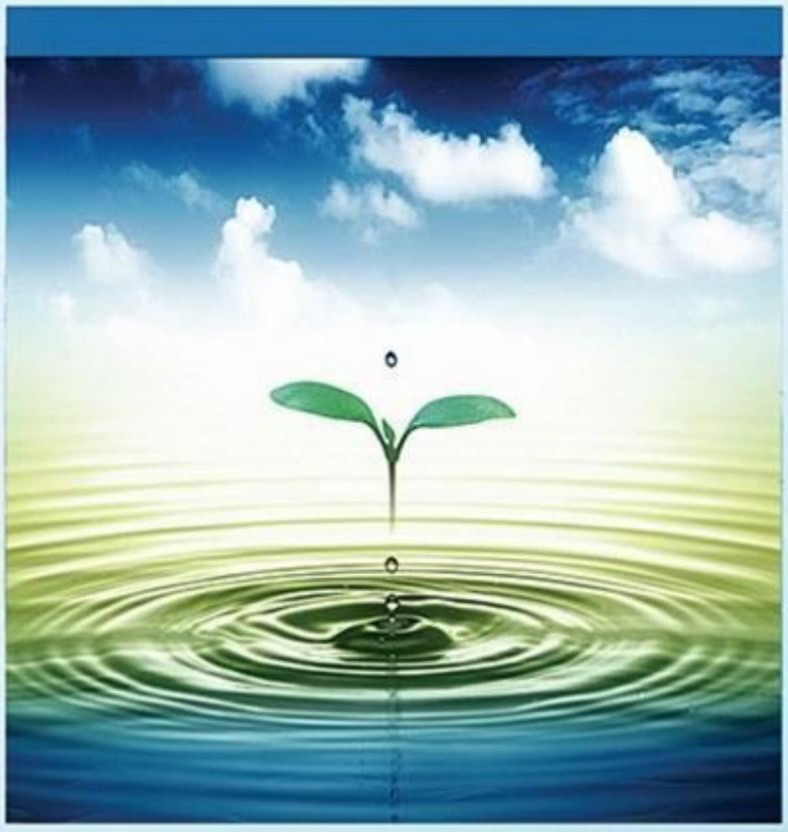
دوره ۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، صفحات ۳۳۰- ۳۲۱

Vol. 4(4), Winter 2019, 321 – 330

DOI: 10.22034/jewe.2018.132415.1262

Evaluation of Underground Drainage Equations under Unsteady Flow in Shadegan Plain, Khoozestan Province, Iran

Shahabizad V., Hassanoghli A. and Sotoodehnia A.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: شهابی زاد و.، حسن اقلی ع.، و ستوده نیا ع. (۱۳۹۷). ارزیابی معادلات زه‌کشی زیرزمینی در حالت جریان غیرماندگار در دشت شادگان استان خوزستان. مجله محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۴، شماره ۴، صفحات: ۳۳۰ – ۳۲۱.

Citing this paper: Shahabizad V., Hassanoghli A. and Sotoodehnia A. (2019). Evaluation of underground drainage equations under unsteady flow in Shadegan Plain, Khoozestan Province, Iran. J. Environ. Water Eng., 4(4), 321– 330. DOI: 10.22034/jewe.2018.132415.1262

www.SID.ir

ارزیابی معادلات زه‌کشی زیرزمینی در حالت جریان غیرماندگار در دشت شادگان استان خوزستان

وحید شهابی زاد[۱*]، علیرضا حسن اقلی[۲] و عباس ستوده نیا[۳]

[۱]دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
[۲]دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
[۳]دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

***نویسنده مسئول:** vahidsh2706@gmail.com

مقاله اصلی
تاریخ دریافت: [۱۳۹۷/۰۲/۱۰] **تاریخ بازنگری: [۱۳۹۷/۰۸/۱۹]** **تاریخ پذیرش: [۱۳۹۷/۰۹/۱۸]**

چکیده

امروزه استفاده صحیح و پایدار از منابع آب و خاک موجود در اولویت دستور کار سازمان‌های اجرایی قرارگرفته است. ازاین‌رو، طراحی بهینه سامانه‌های زه‌کشی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. بدین منظور باید ضرایب تخلخل مؤثر و هدایت هیدرولیکی خاک با دقت قابل قبولی تعیین شوند و انواع معادلات زه‌کشی زیرزمینی غیرماندگار نیز در شرایط مزرعه موردبررسی واقع شوند. این پژوهش در سیستم زه‌کشی زیرزمینی موجود در دشت شادگان واقع در استان خوزستان انجام شد. با اندازه‌گیری زمان، ارتفاع سطح ایستابی و دبی خروجی از لترال زه‌کش، ضرایب هیدرودینامیکی خاک تعیین شد. همچنین، با حل معکوس، ضرایب تخلخل مؤثر و هدایت هیدرولیکی خاک اراضی دشت شادگان تخمین زده شد. به‌طور متوسط با روش Taylor تخلخل مؤثر $m^3.m^{-3}$ ۰/۰۱۱۷ و با روش Skaggs هدایت هیدرولیکی خاک $m.d^{-1}$ ۰/۳۱ محاسبه شد. در ادامه با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده زمان و ارتفاع سطح ایستابی و همچنین استفاده از معادلات زه‌کشی متداول غیرماندگار فاصله زه‌کش‌ها تخمین زده شد. فاصله محاسبه‌شده با فاصله ۵۰ m موجود مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی صورت گرفته نشان داد که به‌ترتیب معادلات Glover، Dumm، Van Schilfgaarde، Bouwer و Van Schilfgaarde، Glover اصلاح‌شده و Hammad، از اولویت برخوردارند. در استفاده از معادلات زه‌کشی غیر ماندگار باید توجه داشت که نمی‌توان به‌صورت مطلق معادلات را اولویت‌بندی نمود بلکه در هر منطقه باید این معادلات به‌صورت جداگانه ارزیابی قرار گیرند و بهترین معادله با توجه به شرایط موجود در مزرعه انتخاب شود.

واژه‌های کلیدی: تخلخل مؤثر خاک؛ هدایت هیدرولیکی خاک؛ حل معکوس؛ معادلات زهکشی غیرماندگار

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

در اراضی کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک به‌واسطه آبیاری و تبخیر و تعرق از سطح خاک مشکل رایج و متداول می‌باشد. شوری خاک حدود ۱۰، ۱۱، ۲۱، ۲۳ و ۲۸ ٪ به‌ترتیب از اراضی آبی کشاورزی مکزیک، هند، پاکستان، چین و ایالات‌متحده امریکا را در برگرفته و یک عامل محدودکننده توسعه کشاورزی می‌باشد (FAO 1994) . در ایران نیز حدود ۲۷ ٪ از اراضی آبی کشاورزی دارای مشکل شوری خاک می‌باشند (Momeni 2010). بهترین راه‌کار برای کنترل شوری اراضی کشاورزی ایجاد زه‌کش زیرزمینی می‌باشد (FAO 1994).

اولین معادله برای طراحی سیستم زه‌کشی توسط پژوهش‌گر هلندی Hooghoudt در سال ۱۹۴۰ ارائه شد (Gupta 2002). استفاده از این فرمول برای مناطق مرطوب در سرتاسر جهان متداول است. در مناطق مرطوب معیار طراحی ضریب زه‌کشی یا مقدار عمق تخلیه آب در بازه زمانی مشخص می‌باشد ولی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مقدار بارندگی کمترین ملاحظات را در طراحی زه‌کشی زیرزمینی دارا می‌باشد؛ زیرا منبع اصلی آب اضافه، هدررفت آبیاری می‌باشد. این پارامتر باعث صعود سطح ایستابی می‌شود. در این مناطق بایستی از معادلات غیرماندگار استفاده شود.

معادلات تحلیلی غیرماندگار جهت طراحی زه‌کشی زیرزمینی از حل معادله بوزینسک حاصل می‌شود. در تمامی معادلات زه‌کشی برای حالت غیر ماندگار، ضریب تخلخل قابل زه‌کشی یا تخلخل مؤثر و هدایت هیدرولیکی خاک نقش اساسی ایفا می‌کند و باید در مطالعات زه‌کشی این ضرایب با دقت قابل‌قبول تعیین گردند (Upadhyaya and Chauhan 2000).

Torabi (2014) در منطقه رودشت اصفهان به ارزیابی هشت معادله زه‌کشی برای تبیین جریان در حالت غیرماندگار پرداخت. به‌منظور تخمین هدایت هیدرولیکی خاک از روش تخلیه آب از گودال[1](Bouwer and Rice 1983) و به‌منظور تخمین تخلخل مؤثر از روش Skaggs et al. (1973) استفاده نمود. نتایج تحقیق نشان داد که در منطقه رودشت اصفهان با بافت سنگین (لوم رسی و رس سیلتی) و لایه نفوذناپذیر به عمق ۳/۴ m ، معادله Luthin بهترین عملکرد و معادلات Hammad و Glover نامطلوب‌ترین عملکرد جهت تخمین فاصله واقعی (۳۰ m) را داشتند.

Kumar et al. (2012) در هند به ارزیابی چهار معادله زه‌کشی زیرزمینی در حالت غیرماندگار پرداختند. ضرایب تخلخل مؤثر و هدایت هیدرولیکی خاک در محدوده موردمطالعه را با روش حفر چاهک تعیین کردند. منبع آب اضافی عمدتاً ناشی از نشت آب از کانال آبیاری بود. بافت خاک در محدوده موردمطالعه بافت سبک (بیش از ۸۰ ٪ شن) داشت. و لایه نفوذناپذیر سطحی در عمق ۱/۵ تا ۳ m قرار داشت. آن‌ها نتیجه گرفتند معادله اصلاح‌شده Glover بهترین عملکرد را جهت تخمین فاصله بین زه‌کش‌ها و پیش‌بینی ارتفاع سطح ایستابی در حد واسط بین دو زه‌کش را داشته است.

با توجه به تحقیقات صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که در هر منطقه و با شرایط حاکم بر محیط تنها تعداد محدودی از معادلات می‌تواند رفتار سیستم زه‌کشی را پیش‌بینی نماید. Yousef et al. (2016) در مصر ارزیابی سه معادله زه‌کشی زیرزمینی (Luthin، Hammad و Glover) را ارزیابی کردند. ترتیب اولویت معادلات به ترتیب Glover، Luthin و Hammad بود.

عوامل زیادی از جمله بافت خاک، اقلیم منطقه، کیفیت آب آبیاری، عمق لایه نفوذناپذیر، پوشش زه‌کش‌ها و ... در سیستم زه‌کشی زیرزمینی اثرگذار می‌باشد. در هر منطقه باید با توجه به شرایط محل انواع معادلات موردبررسی قرار بگیرد و بهترین معادله برای سیستم زه‌کشی شناسایی شود تا در مطالعات و طراحی از آن معادله استفاده شود. هدف از این پژوهش شناسایی بهترین معادله برای رفتار سیستم زه‌کشی زیرزمینی مستقر در دشت شادگان استان خوزستان بود.

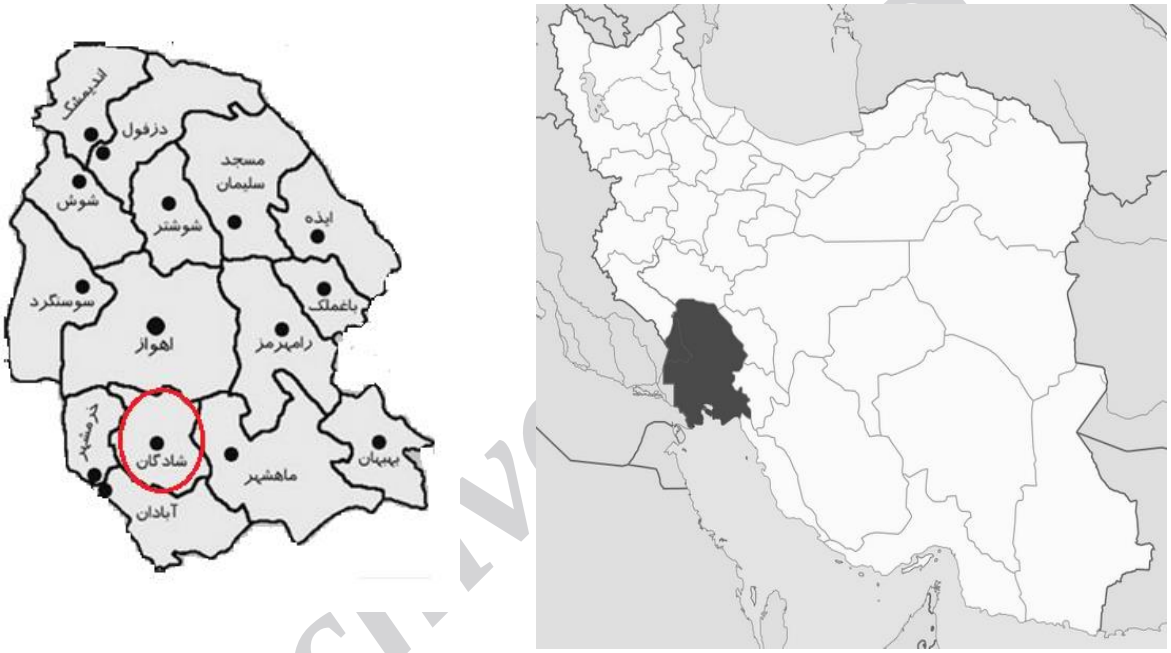
[1] - Pit Bailing

www.SID.ir

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

دشت شادگان جلگه‌ای است هموار که در حدفاصل ۱۰۰ km جنوب شرقی اهواز و ۷۰ کیلومتری شمال شرقی آبادان در استان خوزستان واقع‌شده است. در شکل (۱) موقعیت مکانی محل تحقیق نشان داده شده است. شیب اراضی در این محدوده بسیار کم و به‌طور متوسط حدود ۰/۰۰۰۵ m/m و در جهت کلی شمال شرقی به جنوب غربی است. کشت غالب منطقه گندم و وسعت منطقه حدود ۲۵۰۰ ha است. اقلیم منطقه خشک و نیمه‌خشک است. از رودخانه جراحی برای تأمین آب آبیاری اراضی استفاده شد. بافت خاک از عمق ۰ تا ۹۰، ۹۰ تا ۱۲۰ و ۱۲۰ تا ۲۱۰ cm به‌ترتیب رس سیلتی، لوم رس سیلتی و رس سیلتی می‌باشد. مشخصات خاک منطقه، آب آبیاری و آب زیرزمینی در جدول (۱) آورده شده است. به‌طور متوسط درصد توزیع بندی ذرات خاک برای ذرات رس، سیلت و شن به ترتیب ۲۹، ۵۰ و ۲۱ می‌باشد.



شکل۱- موقعیت مکانی محدوده موردمطالعه

Fig. 1 Location of the studied area

جدول۱- برخی از خصوصیات شیمیایی خاک، آب آبیاری و آب زیرزمینی در محدوده موردمطالعه

Table 1 Some of the chemical properties of the soil, irrigation water and ground water in the studied area

Sample	EC (ds/m)	pH	Anions (meq/l)			Cations (meq/l)		SAR
			SO_4^{2-}	HCO_3^{2-}	Cl^-	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	Na^+	
Soil	32.1	7.61	28.3	4.06	294	128	19.7	26.4
Irrigation Water	23.5	7.73	12.9	3.46	36	25	36.8	10.1
Ground Water	66.9	6.5	50	2.5	775	165	652	72

۲-۲- مشخصات سیستم زه‌کشی زیرزمینی

فاصله بین زه‌کش‌ها ۵۰ m ، عمق کارگذاری زه‌کش‌ها ۱/۷ m، طول زهکش‌ها ۲۲۰ m و جنس لوله زه‌کش‌ها PVC با قطر ۱۲۵ mm می‌باشد. عمق لایه غیرقابل نفوذ ۳/۵ m نسبت به سطح زمین می‌باشد. از پیزومترهای نصب‌شده در حدفاصل میانی دو خط لترال جهت اندازه‌گیری متوسط سطح ایستابی بین دو زه‌کش استفاده شد. در اولین زمان بعد از آبیاری (۲۴ تا ۴۸ h پس از اتمام آبیاری) که امکان رفتن به مزرعه وجود داشت و همچنین اطمینان از شروع مرحله افت سطح ایستابی، اندازه‌گیری ارتفاع سطح ایستابی بین دو زه-

www.SID.ir

کش و دبی خروجی از لترال زه کش شروع شد. در این تحقیق ۵ لترال موردبررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری داده‌ها (ارتفاع سطح ایستابی و دبی خروجی از لترال) برای چهار دور آبیاری انجام شد. اندازه‌گیری دبی خروجی از لترال به روش حجمی صورت گرفت. اندازه‌گیری‌ها در بازه‌های زمانی مشخص روزانه (h ۲۴) و تا وقتی که دبی خروجی از لترال تقریباً ناچیز شود ادامه داشت. به‌طور متوسط ارتفاع اولیه سطح ایستابی m ۱/۵۵ بود.

۲-۳- روش انجام پژوهش

به‌منظور تخمین ضرایب هیدرودینامیکی خاک باید متوسط تغییرات ارتفاع، سطح ایستابی و همچنین پارامتر دبی خروجی از زه‌کش نسبت به زمان مشخص باشد. بدین منظور مناسب‌ترین خط رگرسیون برای تغییرات ارتفاع سطح ایستابی و دبی خروجی از زه‌کش نسبت به زمان برازش داده شد. در این پژوهش برای تخمین تخلخل مؤثر از روش Taylor (1960) و برای تعیین هدایت هیدرولیکی از روش Skaggs (1976) استفاده شد. در هر گام زمانی (h ۲۴) با اندازه‌گیری دبی خروجی از زه‌کش و ارتفاع سطح ایستابی مقدار تخلخل مؤثر و هدایت هیدرولیکی به ازای عمق مشخص سطح ایستابی تعیین شد. در روش‌های پیشگفت رابطه بین تخلخل مؤثر و هدایت هیدرولیکی خاک نسبت به عمق سطح ایستابی مشخص می‌شود. از محاسن ترکیب دو روش فوق، عدم نیاز به استفاده از معادلات زه‌کشی، عدم نیاز به انجام آزمایش به‌صورت مستقیم و جداگانه (تنها اندازه‌گیری سطح ایستایی و دبی خروجی از زه‌کش باگذشت زمان نیاز است)، در نظر گرفتن تغییرات ناهمروندی و ناهمگنی خاک و حجم نمونه خاک در مقیاس مزرعه‌ای است. با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده ارتفاع سطح ایستابی و زمان در مزرعه و همچنین مقادیر محاسبه‌شده تخلخل مؤثر و هدایت هیدرولیکی خاک، فاصله بین دو خط زه‌کش را می‌توان با فرمول‌های رایج و متداول تعیین کرد. هر چه فاصله به دست آمده به فاصله موجود (m ۵۰) نزدیک‌تر باشد، در واقع بیانگر دقت معادله استفاده‌شده است. جهت ارزیابی معادلات زه‌کشی از شاخص RMSE (معادله ۱) استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(p_i - o_i)^2}{n}} \quad (۱)$$

که در آن p_i فاصله زه‌کش به‌دست آمده از معادله، o_i مقدار فاصله موجود زه‌کش‌ها (m ۵۰) و n تعداد داده‌های اندازه‌گیری شده است.

۲-۴- معادلات متداول زه‌کشی در حالت جریان غیرماندگار

جدول (۲) معادله‌های رایج و شناخته‌شده در جریان غیرماندگار مورد ارزیابی را نشان می‌دهد. اجزای معادلات جدول (۲) به‌صورت زیر است:

A: ضریب ثابت معادله وان شیلفگارد و گلور اصلاح شده است که از رابطه $\left[1-(d_e/d_e+h_0)^2\right]^{0.5}$ به دست می‌آید (بدون واحد)، C: ضریب ثابت معادله باور و وان شیلفگارد بین ۰/۸ تا ۱/۱ است (بدون واحد)، D_a : متوسط ضخامت لایه اشباع معادله گلوور است که از رابطه $D_a = d_e + h_0/2$ تعیین می‌شود (m)، D_d: متوسط ضخامت لایه اشباع معادله دام (*m*)، d_e: عمق معادل (*m*)، f: تخلخل مؤثر (بدون واحد)، h_t: ارتفاع سطح ایستابی در روز *t*ام (m)، K: هدایت هیدرولیکی خاک (m/d)، L: فاصله بین زه‌کش‌ها (m)، m: شیب خط رگرسیون بین دبی خروجی در واحد طول لوله زه‌کش در مقابل حاصل‌ضرب هدایت هیدرولیکی در ارتفاع سطح ایستابی(بدون واحد)، q: دبی خروجی از لترال در واحد سطح (m/d)، t: زمان (d)، z: عمق سطح ایستابی نسبت به سطح زمین (m) و *r*: شعاع لوله زه‌کش (m) است.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- تخلخل مؤثر و هدایت هیدرولیکی خاک

معادلات برازش‌یافته برای تغییرات ارتفاع سطح ایستابی و دبی خروجی از زه کش نسبت به زمان برای ۲۴۰ سنجش صورت گرفته به‌صورت رابطه‌های (۱) و (۲) می‌باشد:

$$h_t = 1.33t^{0.48}, \qquad R^2 = 0.97 \quad (۱)$$

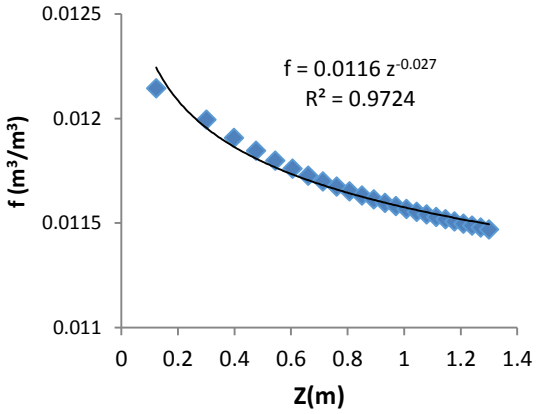
$$q_t = 0.004t^{0.51}, \qquad R^2 = 0.97 \quad (۲)$$

www.SID.ir

جدول ۲- معادلات رایج زه کشی در جریان غیر ماندگار (Pali 2013)

Table 2 Common drainage equations in non-stationary flow conditions (Pali 2013)

	Name of equation	Equation
1	Luthin	$L= 4mkt/\pi f ln\, h_0/h_t$
2	Glover	$L = \pi[kD_a t/f ln(4h_0/\pi h_t)]^{0.5} for\ D > h_0$
3	Van Schilfgaarde	$L = 3A[k(d_e + h_t)(d_e + h_0)t/2f(h_0 - h_t)]^{0.5}$
4	Dumm	$L = \pi\left[kD_d t/f ln 1.16\frac{h_0}{h_t}\right]^{0.5}$
5	Hammad	$L = 2\pi kt/f ln(h_0/h_t) ln(L/\pi r)$
6	Modified Golver	$L = 3A[kd_e t/f ln\, h_0(2d_e + h_t)/h_t(2d_e + h_0)]^{0.5}$
7	Bouwer and Van Schilfgaarde	$\frac{kt}{f} = \frac{CL^2}{8d_e} ln \frac{h_0(h_t + 2d_e)}{h_t(h_0 + 2d_e)}$

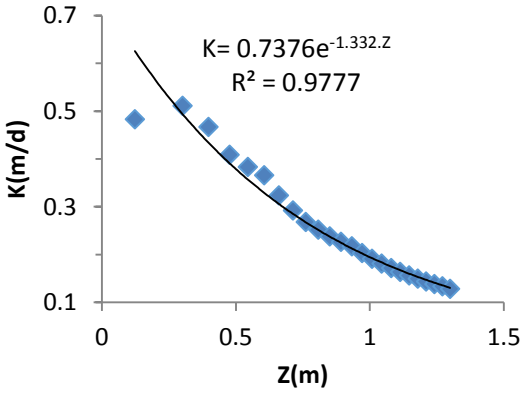


شکل ۲- متوسط تغییرات تخلخل مؤثر نسبت به عمق سطح ایستابی

Fig. 2 The mean of effective porosity (f) changes relative to the water table depth (Z)

در شکل (۲) تغییرات ضریب تخلخل مؤثر نسبت به عمق سطح ایستابی و در شکل (۳) تغییرات ضریب هدایت هیدرولیکی خاک نسبت به عمق سطح ایستابی نشان داده شده است. مطابق دستورالعمل Pali et al. (2014) مقدار متوسط پارامتر تخلخل مؤثر (m³/m³) ۰/۰۱۱۷ و مقدار متوسط پارامتر هدایت هیدرولیکی خاک m/d ۰/۳۱ محاسبه شد.

مقادیر توصیه شده برای پارامتر تخلخل مؤثر بین m³/m³ ۰/۰۱ تا m³/m³ ۰/۰۳ و برای هدایت هیدرولیکی خاک بین m/d ۰/۱ تا m/d ۰/۵ در خاک سنگین بافت می‌باشد (FAO 1980). در این تحقیق مقادیر به‌دست‌آمده برای f و k در محدوده مجاز و توصیه‌شده است.



شکل ۳- متوسط تغییرات هدایت هیدرولیکی نسبت به عمق سطح ایستابی

Fig. 3 The mean of soil hydraulic conductivity (K) changes relative to the water table depth (Z)

با پایین افتادن سطح ایستابی از عمق ۰/۱۵ تا ۱/۳ m مقدار f به مقدار جزئی (حدود m³/m³ ۰/۰۰۰۷) و k به مقدار m/d ۰/۳۲۵ کاهش یافت. در این پژوهش، مقادیر ضرایب f و k با پایین افتادن سطح ایستابی کاهش یافت. در خاک شنی، با پایین افتادن عمق سطح ایستابی افزایش مقدار f و

www.SID.ir

کاهش مقدار k گزارش‌شده است (Pali et al. 2014). کاهش مقدار k می‌تواند ناشی از سنگین‌تر شدن بافت خاک و فشار تراکم ناشی از لایه‌های بالایی خاک باشد. طولانی شدن روند زه‌کشی خاک وقتی‌که سطح ایستابی پایین افتاده است، ناشی از کاهش مقدار k است. با استفاده از ترکیب دو روش اشاره‌شده می‌توان ضرایب هیدرودینامیکی خاک را به‌سادگی تعیین نمود. همچنین در این روش اثر عمق سطح ایستابی در مقدار ضرایب هیدرودینامیکی خاک (f و k) لحاظ شده است.

جدول ۳- فاصله زه‌کش‌ها با استفاده از معادلات رایج زه‌کشی در حالت غیرماندگار
Table 3 The drainage distances obtained using drainage equations in unsteady condtion

t	h	f	k	Calculated distance (m)						
(day)	(m)	(m^3/m^3)	(m/day)	Luthin	Dumm	Golver	Van Schilfgaarde	Modified Golver	Bouwer and Van Schilfgaarde (C=0.8)	Hammad
1	1.33	0.01208	0.55	94.1	67.7	59.7	92.4	72.4	95.7	265.8
2	0.95	0.01176	0.33	36.9	51.3	49.1	59.3	44.5	58.9	117.9
3	0.78	0.01168	0.27	31.8	48.9	47.9	56.1	41	54.1	100.9
4	0.68	0.01165	0.23	30.9	48.8	48.3	56	40.1	53.1	98.6
5	0.61	0.01162	0.21	31.2	49.3	49.1	57	40.2	53.1	99.4
6	0.56	0.0116	0.20	32	50.1	50.2	58.2	40.5	53.6	101.5
7	0.52	0.01159	0.19	33	51	51.3	59.6	41.1	54.3	104.2
8	0.49	0.01158	0.18	34.1	52	52.5	61.1	41.7	55.1	107.4
9	0.46	0.01157	0.17	35.3	53	53.6	62.2	42.3	55.9	110.7
10	0.44	0.01157	0.17	36.5	54	54.7	64.1	43	56.8	113.9
11	0.42	0.01156	0.16	37.8	54.9	55.8	65.5	43.6	57.7	117.3

۲-۳- ارزیابی معادلات زه‌کشی زیرزمینی

در جدول (۳) مقدار فاصله زه‌کش ها به‌دست‌آمده از هفت معادله زه‌کشی در حالت غیرماندگار ارائه‌شده است. تمام معادلات زه‌کشی که در حالت غیرماندگار مورداستفاده قرار می‌گیرند، از معادله بوزینسک به‌دست‌آمده‌اند. از آنجا که محققین در حل معادله بوزینسک فرضیات مختلف و متنوعی در نظر گرفته‌اند، شکل و فرم معادلات متفاوت است.

به استناد شاخص RMSE برترین معادلات در این تحقیق به ترتیب Van and Bouwer، Dumm، Glover، Schilfgaarde، Glover اصلاح شده، Van Schilfgaarde، Luthin و Hammad می باشند. در روز اول آزمایش هیچ‌کدام از معادلات نتوانستند تخمین قابل‌قبولی از فاصله بین زه‌کش‌ها ارائه کنند. به نظر می‌رسد زمانی که سطح ایستابی نزدیک به سطح زمین است، روش ترکیبی شرح داده‌شده Taylor (1960) و Skaggs (1976) نتوانسته است تخمین قابل‌قبولی از k ارائه نماید که نتیجه آن در تعیین L نمایان شده است. خاک سطحی به علت عوامل زراعی، کود و مدیریت بهره‌برداری از اراضی و همچنین ریشه گیاهان دستخوش تغییرات اساسی می‌شود که در عمل روی خصوصیت هیدرولیکی خاک نیز اثرگذار است و این اثر را نمی‌توان تنها با معادله بوزینسک در نظر گرفت. معیار طراحی برای زه‌کشی جریان‌های غیرماندگار پایین افتادن سطح ایستابی ۳۰ cm طی مدت ۴۸ h می‌باشد (Upadhyaya and Chauhan 2000).

باید توجه داشت که اکثر گیاهان شرایط غرقابی را تا ۴۸ h می‌توانند تحمل کنند و همچنین پایین انداختن سطح

Archive of SID
www.SID.ir

ایستابی به میزان۳۰ cm طی مدت ۱ d موجب کاهش فاصله بین زه‌کش‌ها و افزایش قابل توجه هزینه احداث سیستم زه‌کشی می‌شود که توجیه اقتصادی ندارد. عمق لایه غیرقابل نفوذ یک عامل بسیار مهم و کلیدی در معادله Hammad می‌باشد. در بسیاری از تحقیقات انجام شده معادله Hammad مشابه تحقیق انجام‌شده فاصله زه‌کش‌ها را بسیار بیشتر از فاصله حقیقی برآورد کرده است (Torabi 2014). استفاده از معادله Hammad تنها برای زمانی که عمق لایه غیرقابل نفوذ بسیار زیاد باشد، توصیه‌شده است (Skaggs et al. 1973). در ایران استفاده از معادلات Glover و Dumm در طراحی سامانه زه‌کشی زیرزمینی بسیار رایج است (HaghayeghiMoghadam 2016). در این پژوهش نیز به‌جز روز اول دو معادله اشاره‌شده توانست با کمترین انحراف خطا فاصله زه‌کش‌ها را تخمین زدند.

جدول ۴- مقایسه عملکرد معادله‌های زه کشی در شرایط غیرماندگار حاصل از تحقیقات انجام‌شده

Table 4 Comparison of the performance of drainage equations in unsteady conditions

Methods	Place of research	Soil texture	Drain spaces (m)	Depth of drainage pipe (m)	Depth of impermeable layer (m)	Order of excellence of drainage equations				
						1	2	3	4	5
(Boroomand Nasab, 1996)	Khuzestan	L & CL*	25 50 75	1.8	2.5	DUM**	GLO	BVS	VSC	-
(Torabi 2014)	Esfahan	CL	30	1.4	3.4	LUT	DUM	BVS	GLO	HAM
(HaghayeghiMoghadam et al., 2007)	Ardabil	CL	25 50 75	1.9	4.4	DUM	GLO	BVS	VSC	-
(HaghayeghiMoghadam et al., 2005)	Fars	L & SL	50 100 150	1.85	3.8	HAM	BVS	VSC	GLO	-
(Kumar et al., 2012)	Kishmar	SL	125	1.6	3	GLO	VSC	DUM		
(Pali et al., 2014)	India	SL & S	50	1.6	3.4	MGL	GLO	BVS	VSC	LUT

*- L: Loam, CL: Clayloam, SL: Sandyloam

**- Dum: Dumm, GLO: Glover, MGL: Modified Golver, BVS: Bouwer and Van Schilfgaarde, VSC: Van Schilfgaarde, HAM: Hammad, LUT: Luthin

معادله Bouwer و Van Schilfgaarde نیز کارایی قابل قبولی جهت تخمین فاصله بین ۲ زه‌کش دارد. در این معادله ضریب اصلاحی C که مربوط به شکل سطح ایستابی می‌باشد، مقدار متغیری دارد؛ برای روزهای اول که سطح ایستابی نزدیک زمین است، مقدار ۱/۲ و برای روزهای میانی و انتهایی بین ۱ تا ۰/۸ پیشنهادشده است (Pali et al. 2014). اگر ضریب C برای روز اول ۳ در نظر گرفته شود، فاصله بین زه‌کش m ۴۹/۴ به‌دست می‌آید. بنابراین، معادله Bouwer و Van Schilfgaarde با ضریب اصلاحی کنترل‌شده C می‌تواند مشکل روز اول را برطرف نماید.

در این پژوهش، معادلات اصلاح‌شده Glover و Van Schilfgaarde عملکرد متوسطی داشته‌اند و نمی‌توان استفاده از آن‌ها را توصیه نمود. در ادامه، نتایج پژوهش‌های دیگر محققین نیز درزمینه ارزیابی سامانه‌های زه‌کشی زیرزمینی در جدول (۴) ارائه‌شده است.

با توجه به جدول (۴) می‌توان نتیجه گرفت هر یک از معادلات زه‌کشی می‌تواند نسبت به مابقی ارجحیت داشته باشد. به عبارت ساده‌تر هیچ‌گاه نمی‌توان یک معادله مشخص را به‌عنوان بهترین معادله در نظر گرفت و استفاده از آن را توصیه نمود. معادله Hammad یکی از ضعیف‌ترین معادلات

www.SID.ir

در ارزیابی زه‌کش‌های زیرزمینی می‌باشد که در بسیاری از مطالعات بدان اشاره‌شده است. ولی در(2005) .et al HaghayeghiMoghadam بهترین معادله ارزیابی‌شده است. در مطالعات زه‌کشی، باید مناسب‌ترین معادله زه‌کشی سازگار را با شرایط مزرعه شناسایی نمود. هرکدام از معادلات با توجه به فرضیات مشخص از معادله بوزینسک به‌دست‌آمده است. که پارامترهایی همانند اقلیم منطقه، کیفیت آب آبیاری، کیفیت خاک و مدیریت بهره‌برداری از اراضی و مواردی از این قبیل در ارزیابی معادلات زه‌کشی تأثیرگذار می‌باشد.

۴-نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش ارزیابی معادلات زه‌کشی زیرزمینی برای حالت جریان غیرماندگار در دشت شادگان بود. نتایج حاصل از کار میدانی انجام شده به‌طور خلاصه در این بخش ارائه شده است.

۱- با استفاده از روش حل معکوس و ترکیبی Taylor و Skaggs می‌توان با دقت قابل‌قبولی ضرایب هیدرودینامیکی خاک را تعیین نمود. مزیت عمده روش ترکیبی ارائه‌شده، ساده و کم‌هزینه بودن در قیاس با سایر روش‌های موجود و همچنین در برگرفتن حجم نمونه خاک در مقیاس مزرعه‌ای و در نظر گرفتن ناهمروندی و ناهمگنی خاک است.

۲- معادله‌های Glover و Dumm بهترین عملکرد و معادله‌های Luthin و Hammad ضعیف‌ترین عملکرد برای تخمین فاصله بین زه‌کش‌های زیزمینی دشت شادگان را داشتند.

۳- متناسب با شرایط مزرعه‌ای موجود و فرضیات مورد استفاده در هر معادله زه‌کشی زیرزمینی باید برترین معادله زه‌کشی را برای تخمین فاصله زه‌کش‌ها و ارتفاع سطح ایستابی میان دو زهکش انتخاب کرد.

Referances

Boroomand Nasab S. (1996). Evaluation of drainage formulas in non-uniform state with collection of data and field information. M.Sc. Dissertation, University of Shahid Chamran Ahwaz, Ahwaz. 223 pp [In Persian].

Gupta S. K. (2002). A century of subsurface drainage research in India. J. Irrig. Drrain. Sys., 16(1), 69-84.

HaghayeghiMoghadam S. A. (2016). Recommendations for optimizing the design of the subsurface drainage network. Amoozesh Keshawarzi Nashr, Karaj, Iran [In Persian].

HaghayeghiMoghadam S. A., Akhavan K., Khwaja Abdullahei M. H., Azizi A. and Naseri A. A. (2005). Evaluation of the relation between subsurface drainages in Ardebil and Khuzestan. Amoozesh Keshawarzi Nashr, Karaj, Iran [In Persian].

HaghayeghiMoghadam, S. A., Dehghanian, S. E., Akhavan, K. (2007). Investigating and verifying the efficiency of suitable formulas for determining the distance of subsurface drainage. Amoozesh Keshawarzi Nashr, Karaj, Iran [In Persian].

Kumar R., Bhakar S.R., Jhajharia D. and Morvejalahkami B. (2012). Evaluation of drain spacing equations in the Indira Gandhi Canal command area, India. ISH J. Hydraul. Eng., 18:3, 186-193.

Momeni A. (2010). Geographic distribution and salinity levels of Iranian soil resources. J. Soil Res., 24(3), 203-215 [In Persian].

Pali A. K. (2013). Evaluation of non steady subsurface drainage equations for heterogeous saline soils: a case study. IOSR J. Agri. Veter. Sci., 6(5), 45-52.

Pali A. K., Katre P. and Khalkho D. (2014). An unsteady subsurface drainage equation incorporating variability of soil drainage properties. Water Resour. Manag., 28(9), 2639-2653.

Prakash A. (2004). Water resources engineering: Handbook of essential methods and design. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia.

Archive of SID
www.SID.ir

Skaggs, R. W. (1976). Determination of the hydraulic conductivity-drainable porosity ratio from water table measurements. Trans ASAE, 19, 73–80

Skaggs, R. W., Kriz, G. J. and Bernal, R. (1973). Field evaluation of transient drain spacing equations. Trans ASAE., 16, 590-595.

Taylor G. S. (1960). Drainable porosity evaluation from outflow measurements and its use in drawdown equations. Soil. Sci., 90, 38-345.

Torabi M. (2014). Field Evaluation of drain spacing equations for Roodasht region of Esfahan. Water Res. Agri., 28(3), 635-644 [In Persian].

Upadhyaya A. and Chauhan H. S. (2000). An analytical solution for bi-level drainage design in the presence of evapotranspiration. J. Agri. Water Manag., 45(2), 169-184.

Yousef S. M., Ghaith M. A., Abdel Ghany M. B. and Soliman K. M. (2016). Evaluation and modification of some equations used in design of subsurface drainage systems. 19th International Water Technology Conference, Egypt.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of Underground Drainage Equations under Unsteady Flow in Shadegan Plain, Khoozestan Province, Iran

Vahid Shahabizad[1*], Alireza Hassanoghli[2*] and Abbas Sotoodehnia[3]

[1]PhD Scholar, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
[2]Assoc. Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
[3]Assoc. Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

*Corresponding author**:** vahidsh2706@gmail.com

Original Paper
Received: December 30, 2017 **Revised:** September 7, 2018 **Accepted:** October 10, 2018

Abstract
Proper and sustainable use of water and soil resources is on the agenda of executive agencies. Therefore, optimum design of drainage systems is very important. Effective porosity and soil hydraulic conductivity coefficients should be determined with acceptable precision. In addition, it is essential to evaluate the unsteady underground drainage equations under farm conditions. This research was carried out in underground drainage system in Shadegan Plain. The effective porosity and soil hydraulic conductivity were determined by measuring the time, the height of water table, and the discharge outlet from the lateral drain. Moreover, through inverse solving, the soil effective porosity and hydraulic conductivity in Shadegan Plain were estimated. The mean effective porosity calculated using Taylor method was 0.0117 (dimensionless) and the mean soil hydraulic conductivity calculated by Skaggs method was 0.31 m/d. In following, using measured data of time and height of water table and also prevalent unsteady underground equations, the drain intervals were estimated. The calculated distance was analyzed with 50 (m) measured distance. The evaluations showed that the Glover, Dumm, Van Schilfgard, Bouwer and Van Schilfgard, modified Glover and Hammad equations have priority repectively. In using unsteady drain equations, it should be noted that it is not possible to prioritize specific equation. On the other hand, for each region, these equations must be evaluated individually and the best equation must be selected.

Keywords: Effective Porosity; Soil Hydraulic Conductivity; Inverse Method; Unsteady Drain Equation.

Archive of SID

www.SID.ir