پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست
۱۶ آبان ماه ۱۳۸۷

زهکشی سطحی در اراضی شالیزاری[1]

ابراهیم پذیرا[2]

۱ـ مقدمه

زهکشی[3] عبارت است از جمع‌آوری و تخلیه آب از سطح و یا نیمرخ خاک،در مواقع لزوم و نگهداشت آب در درون نیمرخ خاک به هنگامی که گیاه بتواند از آن بعنوان آب آبیاری استفاده کند. در صورتی که زمین به طور طبیعی زهکشی نداشته باشد، استفاده از روش‌های مصنوعی زهکشی الزامی است. در اراضی شالیزاری، زهکشی برای دفع آب مازادسطحی به منظور نگه داشتن ارتفاع تیغه آب در محدوده مجاز و فراهم کردن شرایط مناسب در خاک برای رشد و نمو گیاه است. اجرای عملیات زهکشی در اراضی شالیزاری به سه منظور زیر صورت می گیرد:

- تخلیه و دفع آب اضافی؛
- خشک کردن زمین و آماده کردن آن برای کشت دوم؛ و
- کنترل وضعیت حاصلخیزی خاک.

تخلیه و دفع آب اضافی و بهسازی خاک را می‌توان بوسیله زهکش‌های سطحی[4]، زیرزمینی[5] و یا تلفیقی از آنها انجام داد.

- زهکش‌های سطحی، مجموعه مجاری روبازی هستند که هرزآب‌های آبیاری و روان‌آب‌های ناشی از

۱- ارایه شده در پنجمین کارگاه زهکشی و محیط زیست، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران- تهران ۱۳۸۷.

۲- عضو گروه کار زهکشی و محیط زیست، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، عضو هیئت علمی و مدیر گروه واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی- تهران

3- Drainage.
4- Surface Drainage.
5- Subsurface Drainage.

رگبارها را در شبکه آبیاری جمع‌آوری، هدایت و تخلیه می‌کنند. شبکه زهکشی سطحی جزئی از شبکه آبیاری محسوب می‌گردد.

- زهکش‌های زیرزمینی، زهکش‌هایی هستند که آب اضافی درون خاک را جمع‌آوری و به زهکش‌های جمع‌کننده[1] تخلیه می‌نمایند. این قبیل زهکش‌ها بطور معمول به صورت لوله‌های زیرزمینی طراحی می‌شوند.
- زهکش‌های جمع‌کننده، به منظور جمع‌آوری جریان‌های حاصل از زهکش‌های زیرزمینی و روان‌آب‌های سطحی ایجاد می‌گردند. بدین منظور می‌توان از کانال‌های روباز و یا لوله‌های زیرزمینی استفاده نمود. بدیهی است چنانچه حجم رواناب زیاد باشد، به ناچار باید از زهکش روباز استفاده کرد.

بطور کلی زهکش‌های مزرعه‌ای می‌تواند از انواع زیر باشد:

- زهکش‌های روباز یا نهرچه‌های باز زهکشی
- مجاری یا حفره‌های بدون پوشش زهکشی۲
- لوله‌های زهکشی زیرزمینی که امروزه بطور معمول از پلاستیک (پی وی سی و پلی اتیلن) ساخته می‌شوند.

۲- اجزای سامانه زهکشی سطحی داخل مزرعه

زهکشی سطحی تمهیدی برای تخلیه آب اضافی از روی سطح اراضی و هدایت آنها به مجاری روباز طبیعی و یا مصنوعی، هم چنین شکل دادن، شیب بندی یا تسطیح اراضی و هدایت زه‌آب‌های حاصله به خروجی نهایی[3] است.

- خروجی نهایی، به مکانی اطلاق می‌گردد که جریان آب‌های زهکشی به آن تخلیه و دفع می‌شود. خروجی نهایی می‌تواند مسیل، رودخانه، مرداب، دریاچه و... باشد.

در اراضی مسطح شالیزاری، مشکل اصلی، جلوگیری از افزایش بی حد ارتفاع تیغه آب است. در شالیزارهای تراس‌بندی شده، علاوه بر ارتفاع تیغه آب، آن چه که بیشتر مورد نظر است، تخلیه آب اضافی بدون ایجاد فرسایش خاک است.

بطور کلی، زهکش رو باز بایستی شرایط زیر را تأمین نماید:

- سرعت آب در آن موجب فرسایش و یا رسوب‌گذاری نگردد.
- ظرفیت مناسب را داشته باشد.
- از نظر شیب جانبی پایداری مطلوب را حفظ نماید.
- هزینه‌های احداث و نگهداری از آن در دوره بهره‌برداری حداقل باشد.

زهکش روباز بصورت قراردادی تحت عناوین اصلی[4]، فرعی[5]، جانبی (لترال[6]) و نهرچه‌های مزرعه‌ای[7] نامیده

1- Collector Drains.
2- Mole Drains.
3- Outlet.
4- Main Drain.
5- Sub Main Drain.
6- Lateral Drain.
7- Field Ditches.

می‌شوند.
کل سامانه زهکشی می‌تواند حسب مورد دارای پشته خاک‌ریز (سیل‌بند)، ایستگاه پمپاژ، نهرچه‌های باز زهکشی و لوله‌های زهکشی زیرزمینی باشد.

۳- مطالعات تکمیلی خاکشناسی و بررسی‌های زهکشی

۳-۱- مقدمه

وجود نقشه‌های خاک و طبقه‌بندی اراضی از پیش نیازهای مطالعات زهکشی محسوب می‌شوند. معمولاً به نقشه‌های خاک کمتر توجه شده و داده‌ها و نقشه‌های طبقه‌بندی اراضی بیشتر مورد استناد قرار می‌گیرند. در نقشه‌های خاک اطلاعات مفید و قابل دستیابی فراوانی وجود دارد که در نقشه‌های طبقه‌بندی اراضی ذکر نشده است که بویژه در مطالعات زهکشی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. وجود افق‌های مشخصه سطحی و زیرسطحی و نقش آنها در بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، گاهی از نقشه‌های طبقه‌بندی اراضی قابل استخراج نمی‌باشند. مطالعات خاکشناسی با توجه به سطح و دقت انتخاب شده حاوی داده‌های متفاوتی می‌باشند. در فاز اجرائی قطعاً مطالعات باید بطور تفصیلی و یا دست کم مطالعات نیمه‌تفصیلی انجام شده باشد.

۳-۲- اطلاعات پایه‌ای مورد نیاز

الف- در اکثر شرایط، داشتن نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ با فاصله خطوط تراز ۰/۵ متر.
ب- شناخت مسایل زهکشی متأثر از ویژگی‌های توپوگرافی، لایه محدود کننده و نگهداری نامطلوب کانال‌های زهکشی.
پ- شناخت دقیق مقدار و شدت بارندگی برای دوره های زمانی و با دوره های بازگشت مختلف. برای امکان طراحی زهکشی سطحی در اراضی شالیزاری، ارقام بارندگی حداقل ده ساله ضروری می‌باشد
ت - رابطه سامانه زهکشی با سایر پروژه‌ها از قبیل: پروژه‌های آبیاری، جاده‌سازی، احداث کارخانه‌ها و یا عملیات استخراج معادن و مانند آن.

در جدول (۱) حداقل اطلاعات مورد نیاز خاک شناسی و طبقه‌بندی اراضی شالیزاری در محدوده‌های مورد نظر ارائه شده است :

۴- مبانی طراحی سامانه زهکشی

تعیین محدوده‌هایی که نیاز به احداث سامانه زهکشی زیرزمینی دارند، ضروری است زیرا ممکن است بر عمق زهکش روباز موثر باشند. مشخص نمودن محل و رقوم خروجی‌هانیز از جمله اقدامات مهم و اولیه است. به عبارت دیگر:

- با بررسی نتایج حاصل از مطالعات می‌توان نوع سامانه زهکشی یعنی ثقلی و یا از طریق پمپاژ را مشخص نمود.

جدول (۱)- حداقل اطلاعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی شالیزاری در محدوده‌های مورد نظر

ردیف	شرح اطلاعات و موارد مورد نیاز	نوع مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی		
		اجمالی	نیمه‌تفصیلی	تفصیلی
۱	کلاس‌های خاک قابل تشخیص	۱ تا ٦	۱ تا ٦	۱ تا ٦
۲	مقیاس نقشه پایه لازم	۱:۲۵۰۰۰	۱:۱۰۰۰۰	۱:۵۰۰۰
۳	حداقل فاصله بین نقاط مطالعاتی (متر)	۸۰۰	٤۰۰	۲۰۰
٤	درجه دقت مطالعات (٪)	۷۵	۹۰	۹۷
۵	امکان انجام مطالعات بوسیله هر خاکشناس حرفه‌ای در روز (هکتار)	۱۰۰۰-٦۰۰	٦۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۵۰
٦	حداقل اراضی کلاس شش قابل تفکیک در منطقه مورد مطالعه (هکتار)	۱	۰/۵	۰/۱
۷	حداقل محدوده، قابل تغییر به کلاس قابل کشت پایین تر (هکتار) *	۱۰	۵	۱
۸	حداقل محدوده، قابل تغییر به کلاس قابل کشت بالاتر (هکتار) *	۲۰	۱۰	۵
۹	تعداد نقاط مطالعاتی لازم برای حفاری به عمق ۱/۵ متری (در هر یکصد هکتار)	۲	۸	۱۰
۱۰	تعداد نقاط مطالعاتی لازم برای حفاری تا عمق حداکثر٦ متر (درهر هزار هکتار) **	۱	٤	۱۰
۱۱	تعداد پروفیل خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی برای هر کلاس در هر روش مطالعاتی، در صورت ضرورت انجام مطالعات تکمیلی (درهر هزار هکتار)	۵-۱	۱۰-۵	۲۰-۵

* در محیط GIS کاربرد مستقیم ندارد.

** در شرایطی که احداث سازه‌های آبی مطرح نباشد، عمق حفاری به ۳/۰متر تغییر می‌یابد.

- **خسارت ناشی از شرایط آب ماندگی برحسب نوع گیاه، عمق تیغه آب، طول مدت آب ماندگی، مرحله رشد و نمو گیاه و امثال آن می‌تواند متفاوت باشد. بهرحال حداکثر عمق تیغه آب در اراضی شالیزاری می‌تواند ۳۰ سانتیمتر و گسترش این قبیل اراضی در کل محدوده پروژه فقط کمتر از ۱۰٪ باشد.**
- **تغییر شرایط زراعی و اکولوژیکی پس از احداث سامانه زهکشی نیز باید مورد توجه باشد.**

۴-۱- انتخاب روش زهکشی

بدیهی است که سطح آب در محدوده زهکشی اراضی شالیزاری، بالاتراز مجاری آب بر طبیعی و یا رودخانه‌ها می‌باشد. ترجیح داده می شود که زه‌آب‌ها بطریق ثقلی به مجاری خروجی تخلیه شوند. چنانچه ظرفیت مجاری زهکشی کافی نباشد، توسعه و بهبود وضعیت کانال‌های زهکشی موجود، و یا احداث

کانال‌های جدید ضروری خواهد بود. در بعضی سامانه‌های زهکشی کمبود ظرفیت جریان خروجی در سازه‌های تخلیه و دفع (خروجی) ممکن است وجود داشته باشد. در دوره حداکثر ریزش باران خطر طغیانی شدن جریان در آبراهه‌ها، وجود دارد. در این شرایط، سیل بند و یا تغییر مکان سازه خروجی نیز می‌تواند مؤثر باشد.

۴-۱-۱- طراحی سامانه زهکشی روباز

- **ارتفاع مجاز تیغه آب روی سطح مزرعه**

در شرایط متعارف طراحی سامانه‌های زهکشی، در نظر گرفتن مقادیر ارتفاع مجاز تیغه آب برروی سطح مزرعه ضروری است. ارتفاع مجاز این تیغه با دوره رشد و نمو برنج متغیر می‌باشد. بعنوان مثال، ارتفاع بیش از حد مجاز این تیغه، در صورتی که در دوره خوشه بستن بوقوع بپیوندد و زمان آن بیش از دو روز بطول بینجامد، خسارت ناشی از آن بسیار جدی می‌باشد. در جدول (۲) رابطه بین کاهش عملکرد محصول و شرایط آب گرفتگی اراضی شالیزاری نشان داده شده است. در مناطقی که بارندگی‌های شدید در اوایل فصل تابستان که طول بوته‌های برنج به حدود ۰/۸-۰/٤ متر می‌رسد بوقوع بپیوندد، حداکثر عمق مجاز تیغه آب در حد ۰/۳ متر به مدت فقط ۲-۱ روز است.

- **بارندگی طرح**

بطور معمول بارندگی‌های شدید با دوره بازگشت ۱۰-۵ ساله مورد توجه قرار می‌گیرند*. در شرایطی که کنترل سیلاب در سطوح وسیع مورد نظر باشد، بارندگی روزانه و در شرائط بحرانی بطور ساعتی مورد استفاده واقع می‌شود.

بطور کلی در اکثر مواقع فقط ارقام بارندگی روزانه (۲٤ ساعته) قابل دسترسی است، لیکن طول دوره بحرانی بارندگی می‌تواند ۱۲-٦ ساعت باشد. امکان برآورد مقادیر بارندگی برای این دوره زمانی کوتاه، با استفاده از ضرایب ارایه شده زیر مقدور است.

* برای پروژه‌های وسیع بهتر است دوره بازگشت ۳۰-۱۰ ساله در نظر گرفته شود.

جدول (۲)- آب گرفتگی اراضی شالیزاری و کاهش عملکرد محصول

(ارقام متن جدول برحسب درصد)

ردیف	مرحله رشد برنج	نوع استغراق	مدت آب ماندگی (روز)			
			۱-۲	۳-٤	۵-۷	>۷
۱	۲۰ روز پس از نشاء تا تشکیل خوشه‌های جوان	استغراق کامل بوسیله آب صاف (زلال)	۱۰	۲۰	۳۰	۳۵
۲	تشکیل خوشه‌های جوان*	بخشی از گیاه در حالت استغراق بوسیله آب صاف **	۱۰	۳۰	٦۵	۹۰-۱۰۰
		بخشی از گیاه در حالت استغراق بوسیله آب گل‌آلود **	۲۰	۵۰	۸۵	۹۰-۱۰۰
		بطور کامل در حالت استغراق بوسیله آب صاف	۲۵	٤۵	۸۰	۸۰-۱۰۰
		بطور کامل در حالت استغراق بوسیله آب گل‌آلود	۷۰	۸۰	۸۵	۹۰-۱۰۰
۳	مرحله خوشه بستن	استغراق کامل بوسیله آب گل‌آلود	۳۰	۸۰	۹۰	۹۰-۱۰۰
		استغراق کامل بوسیله آب صاف (زلال)	۱۵	۲۵	۳۰	۷۰
٤	مرحله رسیدن دانه‌ها	استغراق کامل بوسیله آب گل‌آلود	۵	۲۰	۳۰	۳۰
		استغراق کامل بوسیله آب صاف (زلال)	۰	۱۵	۲۰	۲۰

* فقط ۵۰٪ کاهش عملکرد محصول ارایه شده در جدول مشروط به طول دوره استغراق به مدت ۰/۵ روز می‌باشد.

** بخشی از گیاه به معنی این است که برگ‌های با طول ۱۵-۹ سانتیمتر بالای سطح آب قرار می‌گیرند.

$$\left.\begin{aligned} P_{۶} / P_{۲۴} &= ۰/۵۰ - ۰/۷۰ \\ P_{۱۲} / P_{۲۴} &= ۰/۶۰ - ۰/۸۰ \end{aligned}\right\} \qquad (۱)$$

که در آن:

$P_{۶}$، مقدار بارندگی برآورد شده شش ساعته (میلیمتر)

$P_{۱۲}$، مقدار بارندگی برآورد شده دوازده ساعته (میلیمتر)

$P_{۲۴}$، مقدار بارندگی روزانه مشاهده شده (میلیمتر)

توزیع مقادیر بارندگی تجمعی شش ساعته را نیز می‌توان با کاربرد ضرایب ارایه شده در جدول زیر محاسبه نمود.**

** سازمان بین المللی هواشناسی (۱۹۷۴).

جدول (۳)- الگوی توزیع مقدار بارندگی تجمعی شش ساعته

زمان (ساعت)	۰/۰	۰/۵۰	۱/۰	۱/۵	۲/۰	۲/۵	۳/۰	۳/۵	٤/۰	٤/۵	۵/۰	۵/۵	٦/۰
درصد از بارندگی	۰	۲	۸	۱۵	۲۲	٦۰	۷۰	۷۸	۸٤	۸۸	۹۲	۹٦	۱۰۰

در شرایطی که فقط ارقام بارندگی با دوره بازگشت یکساله قابل دسترسی باشد، برآورد مقادیر بارندگی برای دوره‌های بازگشت پنج ($Tr_{۵}$) و ده ($Tr_{۱۰}$) ساله را با کاربرد ضرایب ارایه شده زیر می‌توان انجام داد.

$$\left.\begin{array}{l} P_{Tr۵}/P_{Tr۱} = ۱/۵ - ۲/۰ \\ P_{Tr۱۰}/P_{Tr۱} = ۱/۷ - ۲/۵ \end{array}\right\} \qquad (۲)$$

در روابط گفته شده:

$P_{Tr۱}$، میزان بارندگی با دوره بازگشت یکساله (میلیمتر)

$P_{Tr۵}$، مقدار بارندگی با دوره بازگشت پنج ساله (میلیمتر)

$P_{Tr۱۰}$، مقدار بارندگی با دوره بازگشت ده ساله (میلیمتر)

- **رواناب و ضریب رواناب سطحی**

اصول مفهوم رواناب سطحی مبتنی بر رابطه "بیلان آب" می‌باشد. بارندگی مازاد که بایستی بصورت مقدماتی طی یک دوره زمانی معین تخلیه گردد، از طریق کاربرد رابطه بیلان آب سطحی قابل برآورد است.

$$S_r = P - E - Inf \qquad (۳)$$

که در آن:

E، تبخیر مستقیم (میلیمتر)

Inf، نفوذ به درون نیمرخ خاک (میلیمتر)

P، بارندگی کل (میلیمتر)

S_r، میزان آب مازاد باقیمانده برروی سطح خاک که به صورت رواناب در می‌آید (میلیمتر)

آب مازاد سطحی در اراضی شیب‌دار بطور معمول بصورت غیر کنترل شده جریان می‌یابد، لیکن در اراضی مسطح شالیزاری، در اکثر حالت‌ها رواناب از طریق سیستم زهکشی سطحی (D_S) جمع‌آوری و تخلیه می‌گردد. بخشی دیگر از آب نفوذ کرده، آب زیرزمینی را تغذیه می‌نماید (R). تبخیر (E) طی مدت زمانی بارندگی و تولید رواناب در مقایسه با سایر مؤلفه‌های بیلان آبی ناچیز است و می‌توان از آن صرف نظر نمود. بدین ترتیب سایر اجزاء مندرج در معادله (۳) را می‌توان بصورت زیر ارایه داد:

$$\left.\begin{array}{l} S_r \rightarrow D_s \\ Inf = (D_i + \Delta W + R) \\ R \rightarrow D_r \end{array}\right\} \qquad (٤)$$

بارندگی مورد انتظار با تناوب وقوع معین (Tr) برای یک دوره بحرانی را می‌توان از ارقام هواشناسی برآورد نمود.

از دیدگاه زهکشی سطحی دو نوع ضریب رواناب سطحی وجود دارد که عبارتند از:

- نسبت بارندگی به روان آب مربوطه؛ و
- نسبت بارندگی حداکثر به حداکثر میزان سیلاب.

مورد نخست بطور معمول برای محدوده‌های وسیع در اراضی پست کاربرد دارد؛ در حالیکه مورد دوم برای برآورد سیلاب حداکثر که بوسیله بارندگی‌های شدید در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت بوقوع می‌پیوندد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴-۱-۲- برآورد دبی تخلیه در اراضی شیب‌دار

در اراضی شیب‌دار، سیستم‌های زهکشی سطحی بایستی مقدار روان آب حداکثر را با احتمال وقوع مشخص تخلیه نمایند. چنین مقادیری به طور معمول از طریق زهکش‌های طبیعی حوضه آبخیز دفع می‌گردد وممکن است که تنها در برخی مواقع، افزایش تراکم زهکش‌ها ضرورت یابد.

روشی که در زیر ارائه می‌شود مرتبط است با حوضه‌های زهکشی کشاورزی با مساحت کم، دارای بارندگی‌هائی شدید که در مدت کوتاهی اتفاق می‌افتد. در این حوضه‌ها اثرات جریان‌های آبراهه‌ای و یا ذخیره آب‌های زیرزمینی در نظر گرفته نمی‌شود.

- **روش استدلالی یا منطقی[1]**

این روش از لحاظ نظری ممکن است فقط در شرایط ویژه‌ای که برای آن بنیان شده است، کاربرد داشته باشند. هر چند این روش دارای مبانی نظری نیست، لیکن می‌توان آن را به عنوان ابزاری برای برآورد رواناب‌های حداکثر در حوضه‌های کشاورزی کوچک که معمولاً در مورد آنها ارقام هیدرولوژیکی کافی وجود ندارد، بکار برد.

حداکثر میزان رواناب[2] زمانی حاصل می‌شود که دوره بارندگی معادل با زمان تمرکز در حوضه آبخیز باشد. این مفهوم را از نظر ریاضی می‌توان به شرح زیر و به عنوان رابطه استدلالی یا منطقی ارائه نمود:

$$Q_p = ۰/۰۰۲۸\ C.I.A \qquad (۵)$$

که در آن :

Q_p ، حداکثر میزان رواناب (مترمکعب در ثانیه)

C ، ضریب رواناب (بدون بعد، مثبت و کوچکتر از واحد)

I ، شدت بارندگی در زمان تمرکز (میلیمتر در ساعت)

A ، مساحت اراضی حوضه آبخیز (هکتار)

1- Rational Method.
2- Peak Runoff Rate.

زمان تمرکز طبق تعریف به دوره زمانی بین شروع بارندگی و لحظه‌ای گفته می‌شود که کلیه محدوده مورد نظر در بالادست نقطه خروجی رواناب تولید می‌نماید. طبق تعاریف بیان شده رابطه تجربی زیر ارائه شده است[1].

$$T_c = ۰/۰۱۹۵ (K)^{۰/۷۷} = ۰/۰۱۹۵ \ L^{۰/۷۷} . S^{-۰/۳۸۵} \qquad (۶)$$

که در آن :

$K = \frac{L}{\sqrt{S}}$ و $S = \frac{H}{L}$ (شیب برحسب متر بر متر)

T_c ، زمان تمرکز برحسب (دقیقه)

L، حداکثر طول آبراهه در حوضه آبخیز (متر)

H، اختلاف ارتفاع بین دورترین نقطه تا محل خروجی (متر)

در جدول زیر، زمان تمرکز محاسبه شده برای مقادیر متفاوت حداکثر طول و شیب‌های مختلف حوضه‌های آبخیز کوچک ارایه شده است.

جدول (٤)- مقادیر متفاوت زمان تمرکز **(T_C)** برای حوضه‌های آبخیز کوچک

ردیف	حداکثر طول آبراهه (متر)	شیب اراضی حوضه آبخیز					
		۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱۰	۰/۰۲۰	۰/۰۵۰
		زمان تمرکز (T_c) برحسب دقیقه					
۱	۱۵۰	۱۷	۱۳	۷	٦	٤	۳
۲	۳۰۰	۲۹	۲۳	۱۲	۹	۷	٥
۳	٦۰۰	٥۰	۳۸	۲۱	۱٦	۱۲	۹
٤	۱۲۰۰	۸٥	٦٥	۳٥	۲۷	۲۱	۱٥
٥	۱۸۰۰	۱۱۷	۸۹	٤۸	۳۷	۲۸	۲۰
٦	۲٤۰۰	۱٤٦	۱۱۲	٦۰	٤٦	۳٥	۲٥
۷	۳۰۰۰	۱۷۳	۱۳۳	۷۱	٥٥	٤۲	۲۹
۸	٦۰۰۰	۲۹٥	۲۲٦	۱۲۲	۹۳	۷۱	٥۰

* محاسبه شده از معادله (۶)

کلیه عواملی که برروانواب سطحی موثر هستند به جز موارد مرتبط با مساحت اراضی حوضه آبخیز (A) و شدت بارندگی (I) در مقدار ضریب رواناب (C) در نظر گرفته می‌شوند. ضریب رواناب سطحی به

1- Kirpich (1940).

ویژگی‌های هندسی، پوشش گیاهی، وضعیت خاک، میزان رطوبت اولیه خاک، شدت نفوذ اراضی حوضه و سرانجام میزان بارندگی حوضه آبخیز وابسته است.

ضریب رواناب با شدت بارندگی رابطه مستقیمی دارد و تابعی از میزان نفوذ سطحی در حوضه آبخیز است. رابطه بین ضریب رواناب (C) و شدت بارندگی (I) غیرخطی می‌باشد. در جدول زیر، رابطه ضریب رواناب (C) با شدت بارندگی را برای خاکهای با نفوذپذیری نسبتاً زیاد (متوسط) نشان می‌دهد.

جدول (٥)-رابطه ضریب اصلاحی رواناب (C) با شدت بارندگی برای حوضه‌های آبخیز (خاک‌های گروه B)

ردیف	نوع گیاه و شرایط هیدرولوژیکی (وضعیت حوضه آبخیز)	ضرایب رواناب برای شدت‌های متفاوت بارندگی		
		٢٥ (میلیمتردرساعت)	١٠٠ (میلیمتردرساعت)	٢٠٠ (میلیمتردرساعت)
١	زراعت ردیفی- عملیات زراعی ضعیف	٠/٦٣	٠/٦٥	٠/٦٦
٢	زراعت ردیفی- عملیات زراعی خوب	٠/٤٧	٠/٥٦	٠/٦٢
٣	گیاهان متراکم- عملیات زراعی ضعیف	٠/٣٨	٠/٣٨	٠/٣٨
٤	گیاهان متراکم- عملیات زراعی خوب	٠/١٨	٠/٢١	٠/٢٢
٥	چمن‌زار در تناوب زراعی- وضعیت خوب	٠/٢٩	٠/٣٦	٠/٣٨
٦	مراتع دایمی- وضعیت خوب	٠/٠٢	٠/١٧	٠/٢٣
٧	باغ و درختان- وضعیت خوب	٠/٠٢	٠/١٠	٠/١٥
٨	شالیزار	١-/٩٨	١-/٩٨	١-/٩٨

* ضریب اصلاحی رواناب (C) جهت کاربرد در معادله منطقی یا استدلالی موضوع معادله (۶)

تذکر: گروه هیدرولوژیکی خاک‌های (B)، دارای توانمندی تولید رواناب متوسط، وضعیت نفوذپذیری متوسط، خاک‌های با بافت نسبتاً ریز تا نسبتاً درشت و عمق متوسط، وضعیت زهکشی طبیعی متوسط تا خوب و دارای سرعت نفوذ نهایی ٤-٨ میلیمتر در ساعت می‌باشند.

برای طراحی سیستم‌های زهکشی سطحی، معمولاً مقادیری بکار گرفته می‌شود که مرتبط با خاک‌های اشباع و در زمانی است که بارندگی آغاز می‌شود و این بدان معنی می‌باشد که بایستی نوعی عامل شناخته نشده را به عنوان "ضریب اطمینان" معرفی نمود تا نقیصه عدم بارش همیشگی را بر روی خاک‌های اشباع تعدیل نمود. بدیهی است که در مورد برنج این فرض کاملاً به واقعیت نزدیک است. مقادیر ضرایب رواناب (C) که به طور گسترده‌ای بکار می‌رود در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (٦) مقادیر ضریب رواناب (C) برای کاربرد در معادله استدلالی یا منطقی

ردیف	کاربری اراضی	شیب اراضی (٪)	قابلیت نفوذ خاک‌ها		
			زیاد *	متوسط *	کم *
۱	جنگل	۵ – ۰	۰/ ۱۰	۰/ ۳۰	۰/ ٤۰
۲		۱۰ – ۵	۰/ ۲۵	۰/ ۳۵	۰/ ۵۰
۳		۳۰ – ۱۰	۰/ ۳۰	۰/ ۵۰	۰/ ٦۰
٤	مرتع	۵ – ۰	۰/ ۱۰	۰/ ۳۰	۰/ ٤۰
۵		۱۰ – ۵	۰/ ۱۵	۰/ ۳۵	۰/ ۵۵
٦		۳۰ – ۱۰	۰/ ۲۰	۰/ ٤۰	۰/ ٦۰
۷	اراضی قابل کشت	۵ – ۰			
۸		۱۰ – ۵	۰/ ۳۰	۰/ ۵۰	۰/ ۵۰
۹		۳۰ – ۱۰	۰/ ٤۰	۰/ ٦۰	۰/ ۷۰
			۰/ ۵۰	۰/ ۷۰	۰/ ۸۰
۱۰	شالیزار	بدون شیب	حدود۱/۰	حدود۱/۰	حدود۱/۰

قابلیت نفوذپذیری خاک‌ها (زیاد، متوسط و کم) به ترتیب مترادف با بافت خاک‌های: لومی شنی، رسی- لومی سیلتی و رسی فشرده می‌باشد.

حوضه‌های آبخیز بزرگ به ندرت همگن می‌باشند. از این رو بهتر آنست که کل محدوده حوضه مورد نظر را به چند قسمت همگن تفکیک نموده و سپس با عنایت بر عوامل متغیر (تیپ خاک‌ها، درصد شیب اراضی و نوع کاربری آنها) برای هر زیر بخش مقدار ضریب رواناب مربوطه (C) را تعیین نموده و نسبت به محاسبه "میانگین وزنی" برای کل اراضی محدوده مورد نظر اقدام نمود. در مورد شالیزارهای مناطق پست نیازی به این کار نیست زیراکه در تمامی قسمت های شالیزار ضریب رواناب در حدود ۱/۰ است.

در جداول زیر ضرایب روان آب (C) برای بعضی حوضه‌های آبخیز رودخانه‌ای و روان‌آب سطحی در مزارع شالیزاری برای کاربرد در رابطه "استدلالی یا منطقی" ارایه شده است.

جدول (۷)- ضرایب رواناب سطحی در شرائط مختلف

ردیف	ویژگی‌های توپوگرافی حوضه	ضریب رواناب سطحی (C)
یک	کوهستانی با شیب تند	۰/۷۵-۰/۹۰
دو	مناطق جنگلی	۰/۵۰-۰/۷۵
سه	اراضی پست (غیرمرتفع) و مسطح	۰/٤۵-۰/٦۰
چهار	شالیزارهای مورد کشت و آبیاری	۰/۷۰-۰/۸۰
پنج	رودخانه‌های کوچک در دشت	۰/٤۵-۰/۷۰
شش	شالیزارهای کوچک	۰/۹۰تا۱/۰

جدول (۸)- ضرایب رواناب سطحی در مزارع شالیزاری نسبتاً بزرگ که به آن می توان شبکه زهکشی نامید

ردیف	مساحت مزارع شالیزاری (هکتار)	تعداد ساعات بارندگی	طول مدت تخلیه پس ازخاتمه بارش - ساعت (T)	ضریب رواناب سطحی(C)
۱	۵۰ ≈ تراس بندی شده	٤	٤	۰/٤-۰/۷
۲	<۱۰۰	۲٤	۲٤	۰/۵-۰/۸
۳	<۵۰۰	۲٤	۲٤	۰/٤-۰/۷
٤	<۱۰۰۰	۲٤	٤۸	۰/٦-۰/۸

۴-۱-۳- دبی طراحی برای اراضی مسطح

اراضی مسطح که بطور معمول حوضه‌های آبخیز کوچک کشاورزی می‌باشند، متوسط شیب اراضی آنهانزدیک صفر ولزوما کمتر از ۱٪ باشد. در این شرایط مهم ترین سوال این نیست که مقدار حداکثر رواناب با دوره بازگشت مشخص چقدراست؛ بلکه سوال مهم این است که زمان لازم برای تخلیه آب سطحی اضافی چقدر است. این موضوع محاسبه دبی طراحی را برای اراضی مسطح بسیار پیچیده می‌نماید.

روشی که دراراضی مسطح در زیر مورد بحث قرار می‌گیرد، بر مبنای تجربه سالیان متمادی در کشور ایالات متحده امریکا می‌باشد که در پروژه‌های آبیاری و زهکشی کشور نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

- **رابطه سیپرس- کریک**[1]

این رابطه کاملاً تجربی بوده و بر اساس اندازه گیری های فراوان بدست آمده است. شکل کلی ارائه شده برای محاسبه دبی طراحی بصورت رابطه زیر می‌باشد:

1- Cypress Creak Formula.

$$Q_P = C \cdot A^{\frac{5}{6}} = C.A^{0/833} \qquad (۹)$$

که در آن:

Q_P، اوج دبی طراحی (مترمکعب برثانیه)؛

C، ضریب جریان که به خصوصیات پوشش گیاهی، نوع خاک و ارتفاع بارندگی بستگی دارد؛ و

A ، مساحت اراضی محدوده مورد نظر (کیلومترمربع) می‌باشد.

این معادله شرایط هیدرولوژیکی و همچنین توجیهات اقتصادی را درنظر می‌گیرد. مقدار دبی طراحی Q_P نبایستی با میزان دبی حداکثر اشتباه شود. در شرایطی احتمال دارد که میزان دبی حداکثر از میزان دبی طراحی محاسبه شده زیادتر باشد.

در نقاط زیادی از کشور ایالات متحده امریکا، مقادیر ضریب جریان (C) که بایستی در معادله (۹) بکار رود، طی سالیان متمادی مشخص شده است. بعضی پژوهشگران رابطه‌ای را برای مرتبط نمودن مقدار ضریب جریان (C) با میزان بارندگی اضافی[1] R_e بشرح زیر ارایه نموده‌اند.

$$C = ۰/۲۱ + ۰/۰۰۷۵ \ . R_e \qquad (۱۰)$$

که در آن:

R_e، میزان بارندگی مازاد حاصل از یک رگبار که بایستی آن را از مقدار بارندگی ۲٤ ساعته بدست آورد (میلیمتر).

بارندگی مازاد را می‌توان از روش شماره منحنی[2] (CN) بدست آورد. روش محاسبه میزان بارندگی اضافی (مازاد)، بشرح زیر است:

$$S = (\frac{۱۰۰۰}{CN} - ۱۰) \times ۲۵/۴ = (\frac{۲۵۴۰۰}{CN} - ۲۵۴) \qquad (۱۱)$$

$$R_e = P_n = Q = \frac{(P - ۰/۲S)^۲}{(P + ۰/۸S)} \qquad P > ۰/۲S \qquad (۱۲)$$

که در آن :

$Q = P_n = R_e$، بارندگی مازاد حاصل از یک رگبار (میلیمتر)

P ، بارندگی با دوره بازگشت مشخص(میلیمتر)

CN ، شماره منحنی(عددی که دامنه آن ۱۰۰-۰۰ می‌باشد)

S ، پتانسیل نگهداشت حداکثر[3] (میلیمتر)

1-.Excess Rainfall.
2- Curve Number.
3- Potential Maximum Retention.

- **برآورد رواناب در اراضی پست شالیزاری**

عملیات آبیاری در شالیزارها نیز می تواند موجد رواناب سطحی گردد که در مقایسه با آنچه از طریق بارندگی حاصل می‌گردد، قابل توجه نمی‌باشد. بدین دلیل بطور معمول نیاز زهکشی سطحی اراضی شالیزاری برمبنای مقادیر بارندگی محاسبه می‌گردد.

انتخاب بارندگی طرح بر پایه تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی و خسارت های قابل پیش بینی بانجام می‌رسد. در اکثر حالت‌ها مقادیر بارندگی ۲ تا ۵ روزه با دوره بازگشت ۵ و یا در شرایطی ۱۰ ساله مبنای انتخاب بارندگی طرح قرار می‌گیرد. ضرایب زهکشی یا دبی‌های طراحی در اراضی شالیزاری بر پایه دو معیار توامان تعیین می‌گردد، که عبارتند از:

- مقدار متوسط بارندگی مازاد طی مدت ۳ روز دوره بارش در صورتی که بارندگی از ۲۰۰ میلیمتر تجاوز ننماید.
- هرگاه بارندگی مازاد بیش از ۱۰۰ میلیمتر باشد، تخلیه و دفع آن از سطح اراضی محدوده مورد نظر بیش از ۳ روز بطول نینجامد.

بنابراین مبنای محاسبات طراحی ضرایب زهکشی یا دبی‌های طراحی در اراضی شالیزاری بصورت زیر است:

بیلان آب در یک قطعه (کرت) برنج که اطراف آن محصور باشد را می‌توان بشرح زیر ارایه نمود.

$$D_n = a[P_n - n(q + ET)] \qquad (۱۳)$$

که در آن:

D_n،عمق آب اضافی در انتهای n روز بارندگی (میلیمتر)

P_n، مقدار باران تجمعی طرح برای دوره n روزه (میلیمتر)

ET ، تبخیر و تعرق گیاهی (میلیمتر در روز)

q ، دبی طرح یا ضریب زهکشی[1] (میلیمتر در روز)

a ، ضریب تمرکز که بیانگر تجمع عمق آب در انتهای قطعه (کرت)است.

تذکر: اگر طول کرت L منظور گردد، هرگاه آب به ترتیب در ۲۵ و ۵۰٪ انتهای قطعه که مترادف با $\frac{L}{۴}$ و $\frac{L}{۲}$ می‌باشد، تجمع یابد، مقادیر ضریب a به ترتیب برابر با ٤ و ۲ خواهد بود.

بعنوان مثال هر گاه مقادیر بارندگی‌های ۳ روزه مبنای انتخاب بارندگی طرح قرار گیرد، کاربرد رابطه بیلان آب برای روزهای متفاوت بشرح زیر خواهد بود.

برای روز اول ($n = 1$) $\quad D_۱ = a[P_۱ - (q + ET)]$

برای روز دوم ($n = 2$) $\quad D_۲ = a[P_۲ - ۲(q + ET)]$

برای روز سوم ($n = 3$) $\quad D_۳ = a[P_۳ - ۳(q + ET)]$

هرگاه معیار نخست مورد نظرباشد ، روابط زیر را می‌توان ارایه نمود.

---

1 -Drainage Coefficient. جریانی که از واحد سطح در واحد زمان تخلیه می گردد.

$$[(D_1 + D_2)/2] = \frac{1}{2}a\,(P_1 + P_2 - 3q - 3ET) \qquad (14)$$

هرگاه نتیجه تساوی بالا از ۲۰۰ میلیمتر کمتر باشد آنگاه رابطه زیر را می‌توان ارایه داد.

$$q = \frac{1}{3}P_1 + \frac{1}{3}P_2 - [(400/3a)] - ET \qquad (15)$$

حال، معیار دوم مورد بررسی قرار می‌گیرد که در نتیجه آن:

$D_3 = a[P_3 - 3(q + ET)] = 100$ میلیمتر

$$q = \frac{1}{3}P_3 - ET - 100(3a) \qquad (16)$$

با مقایسه دبی‌های طرح حاصل شده از کاربرد روابط (۱۵) و (۱۶) هرکدام زیادتر باشد، انتخاب و اعمال خواهد شد.

برای برآورد رواناب در مناطقی که مزارع شالیزاری آن در اراضی پست قرار دارند می‌توان از مندرجات جداول زیر نیز بهره‌مند گردید.

جدول (۹)- مقدار بارندگی کل و میزان رواناب سطحی ناشی از آن

مقدار بارندگی کل (میلیمتر)	۰-۱۰	۱۰-۳۰	۳۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	>۳۰۰
ضریب رواناب سطحی	-	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۸۰	۰/۹۰	۰/۹۵

جدول (۱۰)- مقادیر بارندگی‌های منفرد و الگوهای رواناب سطحی حاصله در کرت‌های شالیزاری (ارقام متن جدول برحسب درصد)

ردیف	روزهای بارندگی / مقدار بارندگی (میلیمتر)	روز اول	روز دوم	روز سوم	روز چهارم	جمع کل
۱	< ۳۰	۱۰۰	-	-	-	۱۰۰
۲	۳۰-۵۰	۷۰	۳۰	-	-	۱۰۰
۳	۵۰-۱۰۰	۶۰	۳۰	۱۰	-	۱۰۰
٤	>۱۰۰	۵۰	۳۰	۱۵	۵	۱۰۰

مثال‌های عملی درخصوص کاربرد جداول (۹) و (۱۰) با فرض اینکه مقدار کل بارندگی در یک دوره پنج روزه به ترتیب برابر با ۱۰۰، ۲۰۰ . ۳۰۰ میلیمتر باشد در جداول (۱۱) ، (۱۲) و (۱۳) ارایه گردیده است.

بطوریکه از جداول قابل استنباط می‌باشد نسبت رواناب سطحی به بارندگی در یک دوره ۵ روزه به ترتیب برابر با ۰/٤٦، ۰/٦۳ و ۰/۷۷ می‌باشد و این بدان معنی است که با افزایش میزان بارندگی، مقدار رواناب سطحی نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای حاصل می‌نماید.

جدول (۱۱)- مثالی از چگونگی محاسبه میزان رواناب سطحی روزانه حاصل از یک دوره بارندگی ۱۰۰ میلیمتری

روزهای بارندگی [۱]	میزان بارندگی (میلیمتر) [۲]	میزان بارندگی تجمعی (میلیمتر) [۳]	ضریب رواناب سطحی [۴]	رواناب حاصل از بارندگی منفرد (بارندگی روزانه- میلیمتر) [۵]	رواناب‌های روزانه (میلیمتر) [۶]						میزان روان آب‌های روزانه تجمعی (میلیمتر)
					روز اول	روز دوم	روز سوم	روز چهارم	روز پنجم	روز ششم	
اول	۲۵	۲۵	۰/۱۰	۲/۵	۲/۵	–	–	–	–	–	۲/۵
دوم	۳۰	۵۵	۰/۵۰	۱۵/۰	–	۱۰/۵	٤/۵	–	–	–	۱۷/۵
سوم	۱۵	۷۰	۰/۵۰	۷/۵	–	–	۷/۵	–	–	–	۲۵/۰
چهارم	۱۰	۸۰	۰/۵۰	۵/۰	–	–	–	۵/۰	–	–	۳۰/۰
پنجم	۲۰	۱۰۰	۰/۸۰	۱٦/۰	–	–	–	–	۱٦/۰	–	٤٦/۰
جمع کل	۱۰۰	–	–	٤٦/۰	۲/۵	۱۰/۵	۱۲/۰	۵/۰	۱٦/۰	–	–

تذکر: ستون [۴] از جدول (۹) برمبنای ارقام ستون [۳] بدست آمده است.
ستون [۵] = [۲] × [۴]
ستون [۶] = [۵] × الگوی بارندگی (٪) ارایه شده در جدول (۱۰)

جدول (۱۲)- مثالی از چگونگی محاسبه میزان رواناب سطحی روزانه حاصل از یک دوره بارندگی ۲۰۰ میلیمتری

روزهای بارندگی [۱]	میزان بارندگی (میلیمتر) [۲]	میزان بارندگی تجمعی (میلیمتر) [۳]	ضریب رواناب سطحی [۴]	رواناب حاصل از بارندگی منفرد (بارندگی روزانه- میلیمتر) [۵]	رواناب‌های روزانه (میلیمتر) [۶]						میزان روان آب‌های روزانه تجمعی (میلیمتر)
					روز اول	روز دوم	روز سوم	روز چهارم	روز پنجم	روز ششم	
اول	۴۰	۴۰	۰/۳۰	۱۲/۰	۸/۴	۳/۶	–	–	–	–	۱۲/۰
دوم	۵۰	۹۰	۰/۵۰	۲۵/۰	–	۱۵/۰	۷/۵	۲/۵	–	–	۳۷/۰
سوم	۱۵	۱۰۵	۰/۸۰	۱۲/۰	–	–	۱۲/۰	–	–	–	۴۹/۰
چهارم	۷۰	۱۷۵	۰/۸۰	۵۶/۰	–	–	–	۳۳/۶	۱۶/۸	۵/۶	۱۰۵/۰
پنجم	۲۵	۲۰۰	۰/۹۰	۲۲/۵	–	–	–	–	۲۲/۵	–	۱۲۷/۵
جمع کل	۲۰۰	–	–	۱۲۷/۵	۸/۴	۱۸/۶	۱۹/۵	۳۶/۱	۳۹/۳	۵/۶	–

* به زیرنویس جدول (۱۱) مراجعه شود

جدول (۱۳)- مثالی از چگونگی محاسبه میزان رواناب سطحی روزانه حاصل از یک دوره بارندگی ۳۰۰ میلیمتری

روزهای بارندگی [۱]	میزان بارندگی (میلیمتر) [۲]	میزان بارندگی تجمعی (میلیمتر) [۳]	ضریب رواناب سطحی [٤]	رواناب حاصل از بارندگی منفرد (بارندگی روزانه- میلیمتر) [٥]	رواناب‌های روزانه (میلیمتر) [٦]						میزان رواناب آب‌های روزانه تجمعی (میلیمتر)
					روز اول	روز دوم	روز سوم	روز چهارم	روز پنجم	روز ششم	
اول	٤٠	٤٠	۰/۳۰	۱۲/۰	۸/٤	۳/٦	–	–	–	–	۱۲/۰
دوم	۱٥۰	۱۹۰	۰/۸۰	۱۲۰/۰	–	٦۰/۰	۳٦/۰	۱۸/۰	٦/۰	–	۱۳۲/۰
سوم	۱٥	۲۰٥	۰/۹۰	۱۳/٥	–	–	۱۳/٥	–	–	–	۱٤٥/٥
چهارم	۷۰	۲۷٥	۰/۹۰	٦۳/۰	–	–	–	۳۷/۸	۱۸/۹	٦/۳	۲۰۸/٥
پنجم	۲٥	۳۰۰	۰/۹٥	۲۳/۸	–	–	–	–	۲۳/۸	–	۲۳۲/۳
جمع کل	۳۰۰	–	–	۲۳۲/۳	۸/٤	٦۳/٦	٤۹/٥	٥٥/۸	٤۸/۷	٦/۳	–

* به زیرنویس جدول (۱۱) مراجعه شود

۴-۲- مبانی هیدرولیکی طراحی سامانه زهکشی باز

- تأسیسات زهکشی بایستی قادر به تخلیه آب اضافی در فرایند جریان‌های سیلابی یا بارندگی‌های رگباری باشند لیکن در هر حال نگهداشت (باقی ماندن) مقادیری آب بصورت استغراقی بروی سطح اراضی شالیزاری (مزارع مورد زراعت برنج) نیز بلامانع می‌باشد.
- انتخاب دومین رقم بارندگی روزانه حداکثر که طی ده سال گذشته ثبت گردیده بعنوان رقم مبنای طراحی بدین معنی است که احتمال وقوع این میزان بارندگی هر پنج سال یکبار امکان پذیر است. استغراق سطح اراضی شالیزاری برای کوتاه مدت آنچنان خطرناک (مسئله‌ساز) نمی‌باشد و احتمال وقوع مجدد مقدار بارندگی بایستی برمبنای ملاحظات اقتصادی نیز باشد. در شرایطی که خسارت یا مشکل زهکشی علاوه بر اراضی شالیزاری (زراعی) موجبات بروز خسارت به سایر تأسیسات می‌گردد احتمال وقوع مجدد این شرایط نیز بایستی با دقت مورد نظر قرار گیرد.
- دبی یا میزان جریان زهکشی از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$Q = \frac{A.P.C}{T} \qquad (۱۷)$$

یا:

$$Q = \frac{۱۰}{۳۶۰۰} \times \frac{A.P.C}{T} = ۰/۰۰۲۸ \times \frac{A.P.C}{T} \qquad (۱۸)$$

که در آن:

Q ، حداکثر میزان دبی جریان (مترمکعب در ثانیه)

A ، مساحت محدوده زهکشی (هکتار)

P ، میزان بارندگی طرح (میلیمتر)

C ، ضریب رواناب (بدون بُعد، مثبت و کوچکتر از واحد)

T ، زمان یا مدت تخلیه مجاز طراحی (ساعت)

تذکر: ضریب رواناب (C) مرتبط با ویژگی‌های توپوگرافی، خصوصیات خاک، اراضی و شرایط بارندگی است. در اراضی غیر مرتفع (پست) در نخستین روز بارندگی فقط بخش کمی از میزان بارندگی بصورت رواناب خارج می‌گردد و مابقی آن در سطح اراضی شالیزاری ذخیره می‌شود و در اکثر مواقع مقادیر بارندگی پس از دومین روز بارش به مجاری خروجی زهکشی تخلیه می‌شوند، توصیه می‌گردد ضریب رواناب در فرایند روزهای با بارندگی مداوم (پیوسته) اندازه‌گیری و برآورد گردد.

توجه: دوره زمانی لازم برای تخلیه مقادیر آب مازاد (حاصل از بارندگی) می‌تواند بشرح زیر انتخاب گردد:

- برای اراضی با مساحت کمتر از ۵۰۰ هکتار، زمان لازم یک روز.
- برای اراضی با مساحت کمتر از ۱۰۰۰ هکتار، زمان لازم دو روز.
- برای اراضی با مساحت بیشتر از ۱۰۰۰ هکتار، زمان لازم سه روز.

۴-۳- طراحی کانال‌های باز زهکشی

سامانه زهکشی مشتمل بر زهکشی تکمیلی (کمکی)[1]، زهکش فرعی[2] و زهکش اصلی[3] است. زهکش کمکی (تکمیلی) با تراکم ۲۰ متر (طول) در هر هکتار احداث می‌گردد. هرچند در مسایل مهندسی طراحی انواع مختلف کانالهای باز می‌تواند مطرح باشد که بدین منظور از جداول، نمودارها و سایر روش‌های متداول برای سهولت محاسبات می‌توان استفاده نمود. لیکن کاربرد معادله مانینگ[4] برای محاسبه سرعت و میزان جریان (دبی) بطور معمول بیشتر کاربرد دارد.

$$Q = A.V \qquad (۱۹)$$

$$Q = A\frac{۱}{n} R^{۰/۶۶۷}.I^{۰/۵} \qquad (۲۰)$$

که در آن:

Q ، میزان جریان یا دبی طراحی (مترمکعب در ثانیه)

A ، سطح مقطع جریان (آبراهه) (مترمربع)

n ، ضریب زبری یا خشونت بستر کانال که برای مجاری آب بر طبیعی معادل ۰/۰۳۵ در نظر گرفته می‌شود (ثانیه بر متر به توان یک سوم).

R ، شعاع هیدرولیکی (نسبت سطح مقطع جریان به محیط یا پیرامون خیس شده آبراهه) (متر)

I ، شیب طراحی سطح آب (طولی) یا کف کانال (متر بر متر)

توجه: ارتفاع فضای آزاد[5] بطور معمول یک چهارم کل ارتفاع سطح مقطع (کانال زهکشی سطحی) انتخاب می‌شود.

جدول (١٤)- مقادیر متفاوت ضریب زبری جدار برای طراحی انواع پوشش کانال‌ها

ردیف	نوع پوشش کانال‌های	ضریب زبری (n)
١	پوشش بتونی با کیفیت مطلوب	٠/٠١٤
٢	سنگ فرش با ملات سیمان	٠/٠١٧
٣	آبراهه طبیعی با شرایط مناسب	٠/٠٢٥
٤	آبراهه طبیعی سنگی با پوشش گیاهی	٠/٠٣٥
٥	آبراهه طبیعی در وضعیت نامطلوب	٠/٠٦٥

1- Supplementary Drainage.
2- Lateral Drainage.
3- Main Drainage.
4- Manning Equation.
5- Free Board.

جدول (۱۵)- شیب‌های جانبی متداول در احداث کانال‌های بدون پوشش

ردیف	نوع خاک‌های مورد نظر	افقی به عمودی
۱	خاکبرداری در خاک‌های سخت (سنگین بافت)	۱:۱
۲	خاکبرداری یا خاکریزی در خاک‌های لومی	۱:۱/۲۵
۳	خاک‌برداری یا خاکریزی در خاک‌های ماسه‌ای (شنی)	۱:۲/۵

جدول (١٦)- حداکثر سرعت‌های مجاز در طراحی انواع کانال‌های باز با پوشش‌های متفاوت

ردیف	انواع کانال‌ها با پوشش‌های متفاوت	حداکثر سرعت مجاز (متردرثانیه)
۱	خاک‌های شنی	۰/٤٥
۲	خاک‌های شنی لومی	۰/٦۰
۳	خاک‌های لومی	۰/۷۰
٤	خاک‌های لومی سنگین	۰/۹۰
٥	خاک‌های رسی	۱/۰۰
٦	خاک‌های شنی رسی	۱/۲۰
۷	کانال‌های با پوشش بتونی نازک	۱/٥
۸	کانال‌های با پوشش بتونی ضخیم	۳/۰۰

۵- نتیجه‌گیری

- بطور معمول سامانه زهکشی از محل زهکشی تکمیلی (کمکی) آغاز و سپس به نهرچه‌های کوچک زهکشی متصل و به تدریج به زهکشهای جانبی، فرعی و کانالهای زهکشی اصلی مرتبط می‌گردد.
- سطح مقطع نهرچه زهکشی کمکی (جانبی)، که در برنامه‌های تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری استفاده از آن متداول و معمول است، موجود می‌باشد، بنابر این نیازی به محاسبه ابعاد هندسی آن (سطح مقطع نهرچه) وجود ندارد.
- مقدار تراکم زهکشی کمکی یا تکمیلی می‌تواند از ۲۰-۵۰ متر در هکتار حسب مورد متغیر باشد.
- برای احداث کانال زهکشی، مخارج ساخت (احداث) رابطه نزدیکی با شیب طولی و سطح مقطع جریان دارد. بدین دلیل در این ارتباط بایستی مؤثرترین شیوه محاسبه و طراحی را انتخاب نمود. در چنین شرایطی بایستی حداکثر سرعت مجاز را طوری انتخاب نمود که موجب رسوب گرفتگی و رویش علف‌های هرز آب دوست در کانال نگردد. حداکثر ارتفاع (مجاز) سطح آب در کانال زهکشی

بایستی پایین‌تر از ارتفاع سطح خاک مزرعه در پست‌ترین بخش اراضی شالیزاری (از نظر ارتفاعی) باشد.

- دریچه‌های تنظیم کننده جریان و آبشارها فقط در شرایط کاملاً ضروری طراحی و اجرا می‌گردند.

منابع مورد استفاده:

۱- پیش نویس "راهنمای برآورد رواناب در طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی" (۱۳۸۳): نشریه ۲۸۳-الف، دفتر استاندارد مهندسی آب، وزارت نیرو- تهران.

۲- پذیرا، ابراهیم و حمید سیادت (۱۳۵٦): مدیریت آب در شالیزارها، مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک، شماره ٥۲٤، وزارت کشاورزی و عمران روستایی.

۳- خلاصه مقالات اولین همایش علمی- کاربردی تجهیز، نوسازی و یکپارچه‌سازی اراضی شالیزاری کشور (۱۳۸۱): دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر- مازندران.

٤- علیزاده، امین (۱۳۸٤): زهکشی جدید، برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت سیستم‌های زهکشی (ترجمه و تدوین)، انتشارات آستان قدس رضوی (شرکت به نشر)- مشهد.

٥- مجموعه مقالات اولین کارگاه آموزشی مبانی طراحی در تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری (۱۳۸۳): دانشگاه گیلان- رشت.

6- Bruce, E.L (2000): Civil Engineering Hydraulics and Engineering Hydrology, Engineering Press U.S.A.

7- De Datta, S.K (1981): Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & Sons, Inc.

8- Engineering Field Manual for Conservation Practices (1969): Soil Conservation Service, U.S. Dept of Agriculture Washington. D.C.

9- Nakagawa. S. et al (1983): Advanced Rice Cultivation, Irrigation and Drainage Technology in Japan. Fuji Marketing Research Co. Ltd.

10- Ritzema. H.R, Kselik, R, A.L and Fernando Chanduvi (1996): Drainage of Irrigated Lands, Training Manual No 9. FAO, Rome.

11- Schwab, G.O, Fangmeier, D.D et, al (1993): Soil and Water Conservation Engineering, 4th Ed, John Wiley & Sons, Inc.

12- Smedema, L.K, Vlotman, W.F and D,W. Rycroft (2004): Modern Land Drainage, Planning, Design and Management of Agricultural Systems, Leiden, The Netherlands, A.A. Balkema Publishers, Taylor and Francis.

13- van der Molen, W. H, Martinez Beltran, j and W.j. Ochs (2007): Guidelines and Computer Programs for the Planning and Design of Land Drainage Systems, Irrigation and Drainage Paper, No. 62, FAO, Rome.

14- Water Management (Drainage), Chapter 14 (2001): Part 650 Engineering Field Handbook, NEH, NRCS, U.S. Dept of Agriculture, U.S.A.

15- Yamazaki, F. (Translated by M. Mizutani, et. al.), (1988): Paddy Field Engineering, Asian Institute of Technology, Thailand.

16- Yield Response to Water (1979): Irrigation and Drainage Paper. No. 33. FAO, Rome.

17- Yoshida, Sh (1981): Fundamentals of Rice Crop Science. Theintern Rice Inst. Philippines.

18- Yukawa, K.and Y, Inoue (1979): Irrigation Water Management, No.12, UIATC, JICA.