

وزارت نیرو
شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
معاونت نظارت بر بهره‌برداری

راهنمای بالانس آب در شبکه‌های توزیع (تعاریف، مفاهیم و روش اجرا)

" ویرایش دوم "



تهیه و تنظیم:

دفتر مدیریت مصرف و نظارت بر کاهش آب بدون درآمد

اسفند ۱۳۹۲

NRW/اد/۲ - ۲/۹۲۱۲

۱- مقدمه:

هر چند که فعالیتها و مطالعات زیادی در خصوص آب بدون درآمد در شرکتهای آب و فاضلاب صورت گرفته است، اما هنوز اهداف مورد انتظار در این زمینه که کنترل و کاهش هدر رفت تا سطح اقتصادی آن است حاصل نشده است. یکی از عللی که در این زمینه مطرح می شود اقدام به انجام عملیات، بدون شناخت عوامل موثر می باشد. برای رفع این نقیصه و با توجه به اینکه دستیابی به عوامل موثر و یافتن راهکارهای مناسب، تنها از طریق شناخت و تجزیه و تحلیل دقیق مولفه‌های تشکیل دهنده آب بدون درآمد امکان پذیر بوده و بدون مدلی جامع، شناختی کلی امکان ندارد این دفتر شناخت عوامل را، قبل از هر اقدامی وجه همت خود قرار داده و با این هدف به بررسی آخرین پژوهش‌ها در این زمینه پرداخته است. یکی از نتایج این امر، دستیابی به روش بالانس بر اساس پیشنهاد IWA^۱ می باشد.

بالانس آب در واقع یک روش تحلیلی است که به همراه تکنولوژیهای نوین قادر است اجزاء آب بدون درآمد را در اختیار مدیریت سیستم قرار دهد و اولین گام در برنامه‌ریزی استراتژیک آب بدون درآمد می باشد. این روش در بسیاری از کشورهای جهان به کار گرفته شده و کارایی خود را به اثبات رسانده است.

دفتر مدیریت مصرف و نظارت بر کاهش آب بدون درآمد شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور نیز برای بهبود فعالیت‌های در حال انجام و همچنین بالا بردن راندمان آن سعی در استفاده از روشهای مذکور را دارد. بدین منظور پس از مطالعه و بررسی این روشها، سیاست جدیدی مبنی بر به کارگیری آخرین روشها و تکنولوژیهای کنترل و کاهش هدررفت با توجه به شرایط شبکه‌های کشور اتخاذ کرده است. این روش از سال ۱۳۸۳ در بخش شهری کشور مورد استفاده قرار گرفته و نتایج بسیار خوبی داشته است. این مجموعه ویرایش دوم از راهنمای بالانس آب در شبکه‌های توزیع است.

۲- دیدگاه^۲:

شناخت قبل از هر گونه اقدام و افزایش توانایی مدیران در برنامه‌ریزی برای مقابله صحیح با عوامل موثر در مساله آب بدون درآمد

^۱ International Water Association

^۲ Vision

۳- هدف بالانس:

هدف کلی:

شناخت مولفه‌ها یا اجزای آب بدون درآمد، بررسی میزان تاثیر هر یک از این عوامل

اهداف جزئی:

اهداف جزئی طرح بالانس آب عبارتند از:

- ۱- اعمال معادله پیوستگی در مرزهای مختلف سیستم‌های آب
- ۲- اندازه‌گیری ورودی‌های سیستم
- ۳- اندازه‌گیری یا تخمین مهندسی خروجی‌های سیستم
- ۴- ارزیابی این اندازه‌گیریها و ایجاد تعادل بین ورودی و خروجی
- ۵- یافتن میزان کل آب بدون درآمد و اجزا آن
- ۶- محاسبه شاخصها با توجه به مقدار اجزا
- ۷- مقایسه مقادیر اجزا آب بدون درآمد با نقاط مقایسه یا مبنا
- ۸- محاسبه شاخصهای عملکردی در زمینه هدررفت واقعی و ظاهری
- ۹- اولویت‌بندی در اقدامات لازم برای مقابله با اجزا آب بدون درآمد

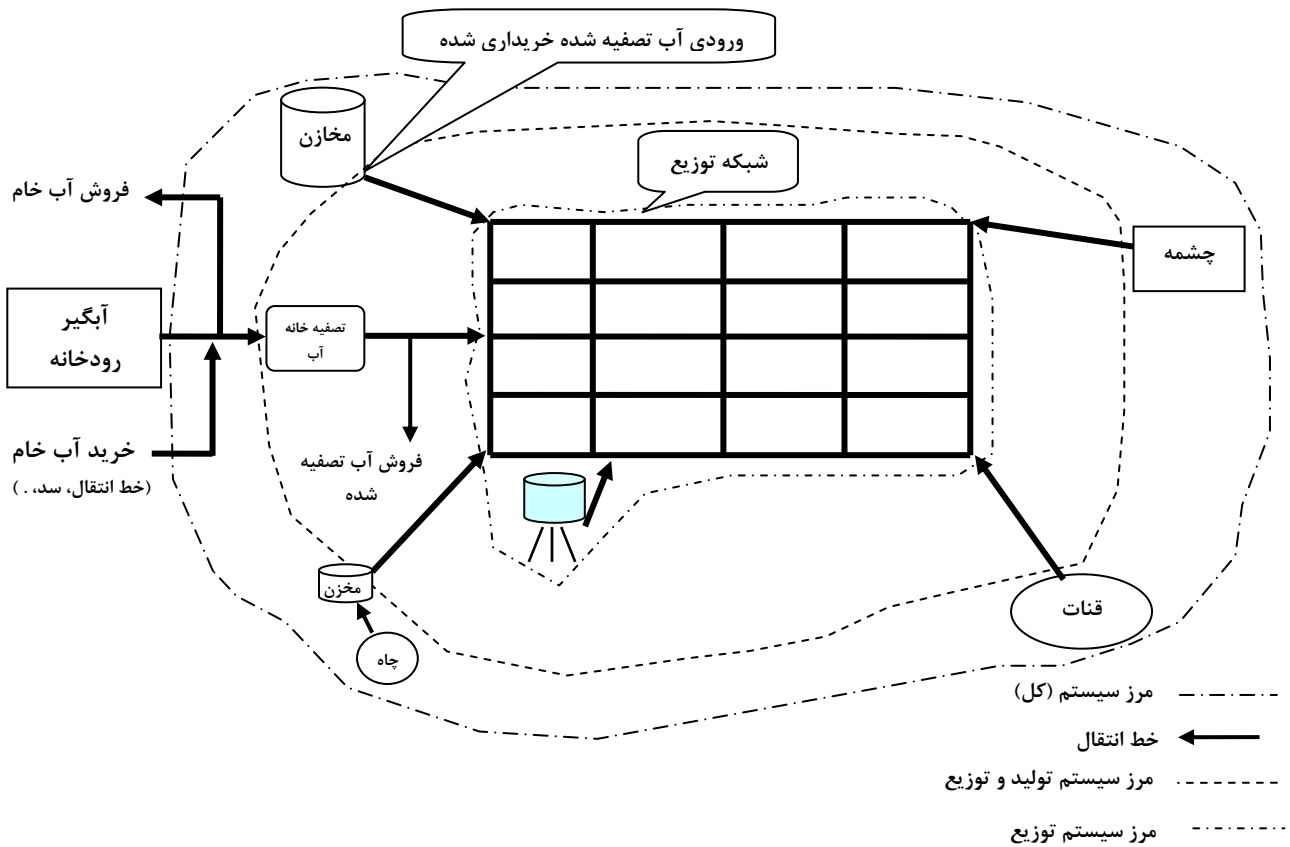
۴- مرزهای بالانس:

در بالانس آب مرزهایی که در نظر گرفته می‌شود، مهم است. محدوده داخل مرز را سیستم می‌گویند. در این مورد سه نوع سیستم

تعریف شده است:

- ۱- سیستم (به طور کلی)
- ۲- سیستم تولید و توزیع
- ۳- سیستم توزیع

شکل (۱) شماتیکی از سیستم تولید و توزیع آب و شکل (۲) پنج سطح اندازه‌گیری در سیستم خرید، تولید، توزیع آب و هدررفت در هر بخش را نشان می‌دهد. در صورتی که شهری از خط انتقال آب دریافت می‌کند و آن خط انتقال در محدوده شرکت آب و فاضلاب است، مقدار هدررفت خط انتقال در بالانس آن شهر، باید منظور گردد. اما اگر خرید آب از خط می‌باشد و آن خط در محدوده شرکت نیست یعنی مدیریت آن تحویل شرکت آب و فاضلاب نمی‌باشد، محاسبات از نقطه تحویل به عنوان خرید آب انجام گردد. در صورتی که از خط انتقالی که در محدوده شرکت است چندین شهر آب برداشت نمایند، باید مقدار هدررفت آن خط به نسبت حجم برداشت آب، به هر شهر تسهیم گردد.



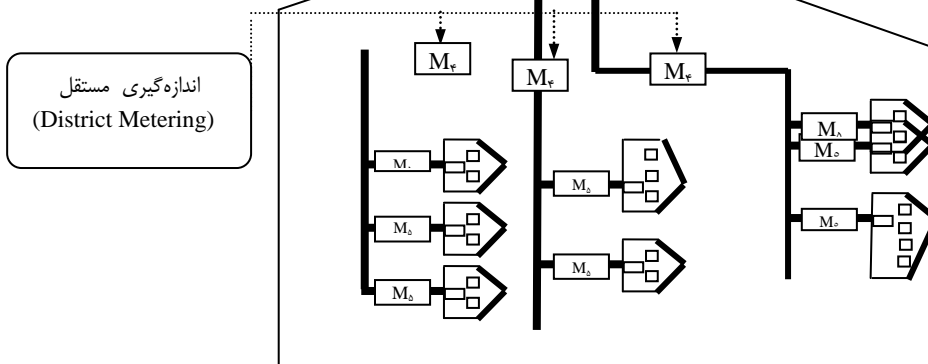
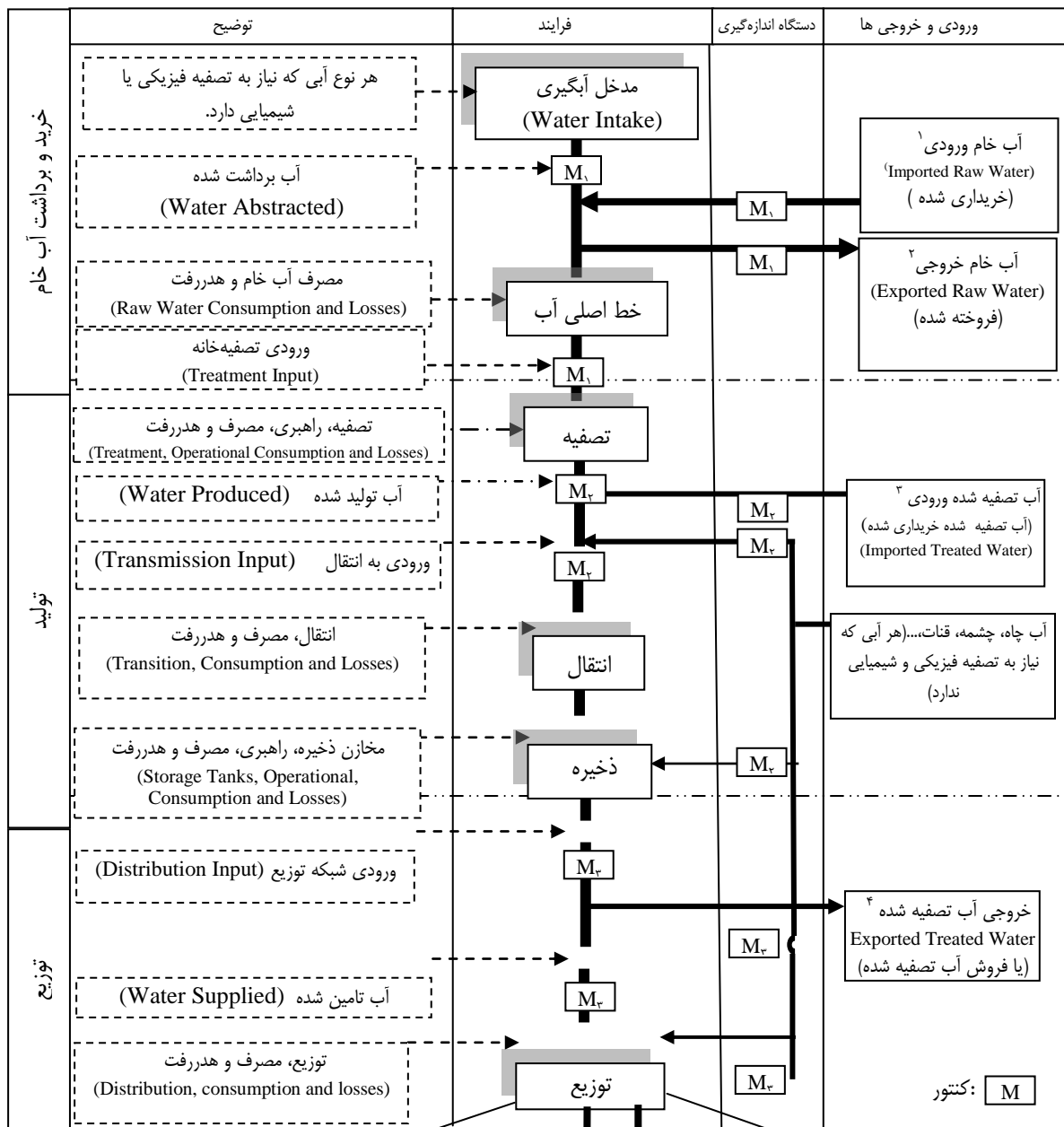
شکل (۱): شماتیک سیستم تولید و توزیع آب

۵- کوچکترین واحد بالانس آب:

کوچکترین واحد بالانس آب، شبکه‌ای با فشار واحد می‌باشد. لذا شبکه‌هایی که دارای زون‌های فشاری مستقل هستند، بالانس آب می‌تواند برای هر زون فشاری انجام شود. با توجه به این که این فعالیت در حال حاضر مشکل است به جز شهرهای بزرگ، این فعالیت برای کل شبکه شهر صورت می‌گیرد. تذکر: سایر شرکت‌ها باید اطلاعات لازم در این خصوص را آماده نمایند.

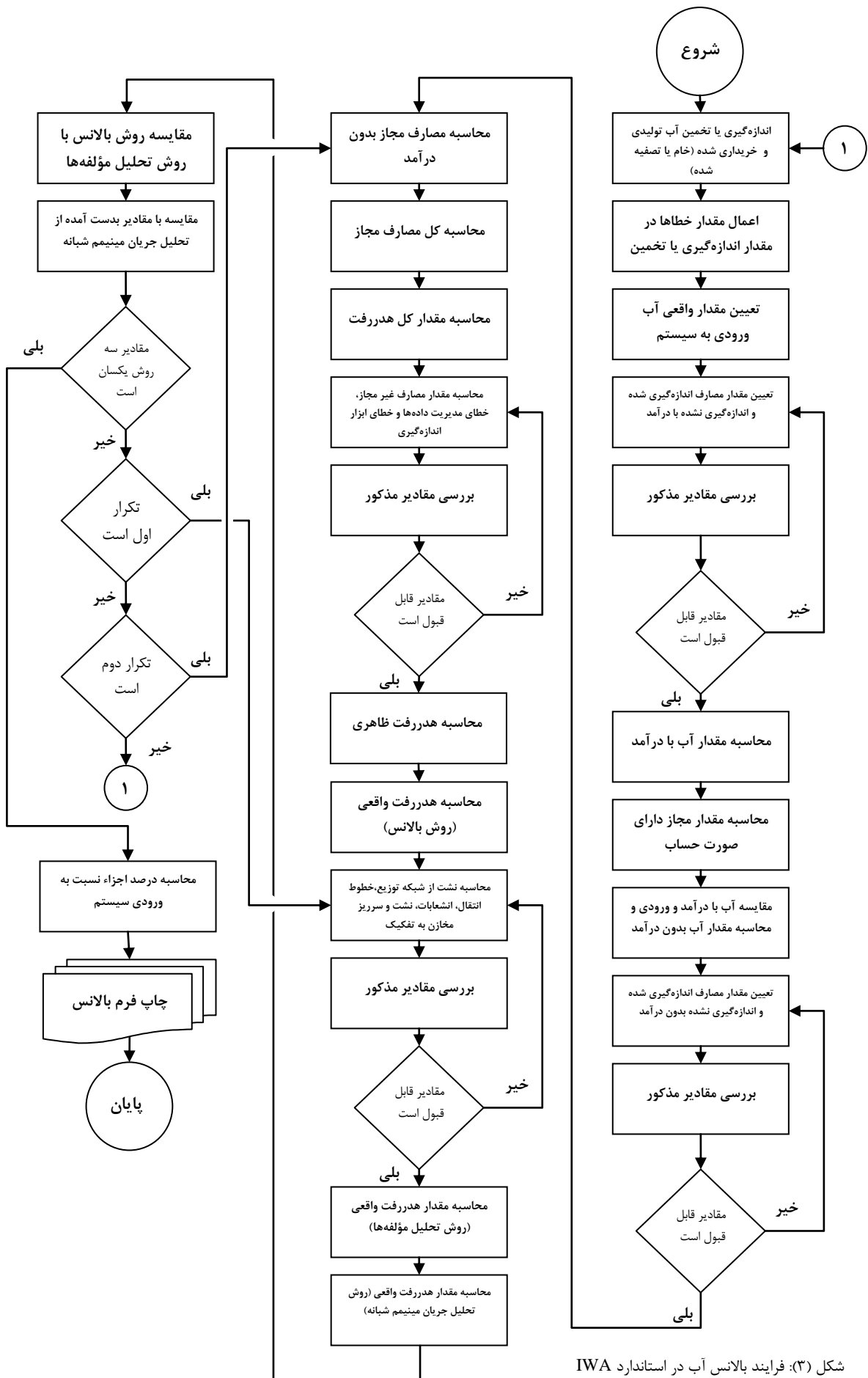
۶- فرآیند انجام کار:

فرآیند انجام بالانس آب در شکل (۳) آمده است. در این شکل منظور از تکرار محاسبات، بررسی و تجدید نظر در تخمین‌های به کار رفته در برآورد مولفه‌ها می‌باشد.



(۲) تعداد ورودی و خروجی آب خام در حد فاصل بین مرحله آبیگری تا تصفیه آب، هر تعدادی می‌تواند باشد.
 (۴) تعداد ورودی و خروجی آب تصفیه شده در حد فاصل بین مرحله انتقال تا توزیع آب، هر تعدادی می‌تواند باشد.

شکل (۲): شماتیک پنج سطح اندازه‌گیری در سیستم خرید، تولید، توزیع، فروش آب و هدررفت در هر بخش (برگرفته از IWA)



شکل (۳): فرایند بالانس آب در استاندارد IWA

۷- مفاهیم کلی:

طبق تعریف، بالانس آب^۱ عبارت از اندازه‌گیری یا تخمین آب تولید شده (تامین شده)، آب ورودی، آب خروجی، آب مصرف شده و هدررفت برای یک سیستم می‌باشد.

فرم بالانس آب از دید IWA در شکل (۴) آمده است. نکات قابل توجه در این شکل عبارتند از:

۱. در فرم بالانس اصطلاح آب بحساب نیامده (UFW) حذف و اصطلاح آب بدون درآمد (NRW) و آب با درآمد (RW) به کار رفته است.

۲. طبق تعریف به اختلاف بین حجم آب ورودی به سیستم و مصارف مجاز با درآمد، آب بدون درآمد می‌گویند. مصارف مجاز با درآمد عبارت است از مقدار مصرفی که بابت آن صورت حساب صادر شده و هزینه آن دریافت شده یا خواهد شد و شامل مولفه‌های زیر است:

۱. هدررفت واقعی^۲ شامل:

- نشت از خطوط انتقال
- نشت از شبکه توزیع
- نشت از انشعابات
- نشت از مخازن شبکه
- سرریز از مخازن شبکه

۲. هدررفت ظاهری^۳ شامل:

- مصارف غیرمجاز
- خطای مدیریت داده‌ها و سیستم
- عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری

۳. مصارف مجاز بدون درآمد^۴ شامل:

- مصارف اندازه‌گیری شده بدون درآمد
- مصارف اندازه‌گیری نشده بدون درآمد

قبلاً آب بحساب نیامده بطور کلی به دو بخش هدررفت فیزیکی و هدررفت غیرفیزیکی تقسیم می‌شد و مصارف مجاز بدون درآمد جزء هدررفت منظور نمی‌شد ولی در تفکیک فعلی جز آب بدون درآمد بوده و به دو بخش اندازه‌گیری شده و نشده تقسیم می‌شود.

¹ Water Balance

² Real Losses

³ Apparent Losses

⁴ Un-Authorized Consumption

شکل (۴): استاندارد IWA برای بالانس آب (منبع: IWA)

F (m ³ /year)	E (m ³ /year)	D (m ³ /year)	C (m ³ /year)	B (m ³ /year)	A (m ³ /year)	
آب با درآمد (RW) (∇ _{RW})	آب تحویلی به شبکه‌های دیگر (فروش کلی)	مصارف مجاز با درآمد (BAC) (∇ _{BAC})	مصارف مجاز (AC) (∇ _{AC})	حجم آب ورودی به سیستم (∇ _{IN})	چاه (∇ _{in1})	
	مصارف اندازه‌گیری شده با درآمد (∇ ₁)				قنات (∇ _{in2})	
	مصارف اندازه‌گیری نشده با درآمد (∇ ₂)				چشمه (∇ _{in3})	
آب بدون درآمد (NRW) (∇ _{NRW})	مصارف اندازه‌گیری شده بدون درآمد (∇ ₃)	مصارف مجاز بدون درآمد (UAC) (∇ _{UAC})	هدررفت آب (WL) (∇ _{WL})	هدررفت آب ورودی به سیستم (∇ _{IN})	خرید آب تصفیه شده (∇ _{in4})	
	مصارف اندازه‌گیری نشده بدون درآمد (∇ ₄)	هدررفت ظاهری (AL) (∇ _{AL})			ورودی به تصفیه خان (∇ _{in5})	
	مصارف غیرمجاز (UC) (∇ ₅)					هدررفت واقعی (RL) (∇ _{RL})
	خطای مدیریت داده‌ها و سیستم (∇ ₆)					
	عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری (∇ ₇)					
	نشست از خطوط انتقال (∇ ₈)					
	نشست از شبکه توزیع (∇ ₉)					
	نشست از انشعابات (∇ ₁₀)					
	نشست از مخازن شبکه (∇ ₁₁)					
سرریز از مخازن شبکه (∇ ₁₂)	سایر منابع (∇ _{in6})					

روش انجام کار (گام‌ها یا فرآیند بالانس آب):

- مقادیر ∇_{in1} و ∇_{in2} و ∇_{in3} و ∇_{in4} و ∇_{in5} و ∇_{in6} را تعیین و در ستون A وارد کنید.
- مقدار ∇_{IN} را به صورت زیر محاسبه کنید و در ستون B وارد کنید.

$$\nabla_{IN} = \nabla_{in1} + \nabla_{in2} + \nabla_{in3} + \nabla_{in4} + \nabla_{in5} + \nabla_{in6} \quad (\text{m}^3/\text{year})$$

- مقادیر ∇₁ و ∇₂ را از سیستم امور مشترکین دریافت و در ستون E وارد کنید. مجموع این دو مقدار معادل ∇_{BAC} می‌باشد این مقدار را در ستون D وارد کنید.
- همچنین مجموع این دو مقدار معادل ∇_{RW} می‌باشد لذا در ستون F به جای ∇_{RW} وارد کنید.
- مقدار NRW را به صورت زیر محاسبه نمایید.

$$NRW = \nabla_{IN} - \nabla_{RW} \quad (\text{m}^3/\text{year})$$

- مقادیر ∇₃ و ∇₄ در ستون E وارد کنید. بنابراین:

$$\nabla_{UAC} = \nabla_3 + \nabla_4 \quad (\text{m}^3/\text{year})$$

مقدار ∇_{UAC} را در ستون D وارد کنید.

- مقادیر ∇_{BAC} و ∇_{UAC} را جمع کرده و مجموع را که معادل ∇_{AC} می‌باشد، در ستون C وارد کنید.
- مقدار هدررفت آب (∇_{WL}) را به صورت زیر محاسبه کنید.

$$\nabla_{WL} = \nabla_{IN} - \nabla_{AC} \quad (\text{m}^3/\text{year})$$

- مقادیر ∇₅ و ∇₆ و ∇₇ مشخص کنید در ستون E وارد کنید. بنابراین:

$$\nabla_{AL} = \nabla_5 + \nabla_6 + \nabla_7 \quad (\text{m}^3/\text{year})$$

- مقدار ∇_{RL} را به صورت زیر محاسبه کنید.

$$\nabla_{RL} = \nabla_{WL} - \nabla_{AL} \quad (\text{m}^3/\text{year})$$

- مقدار ∇_{RL} را به روش‌های دیگر مانند آنالیز حداقل جریان شبانه، آنالیز اجزاء و غیره محاسبه و با مقدار بند ۹ مقایسه نمایید.

سایر مفاهیم به کار رفته در فرم بالانس، روش محاسبه یا تخمین آنها در ادامه آمده است.

الف- حجم آب ورودی به سیستم

تعریف:

- ✓ به مجموع آب خروجی از چاهها، قنات، چشمه، آب خریداری شده تصفیه شده، ورودی به تصفیه‌خانه و سایر منابع که وارد سیستم می‌شود، حجم آب ورودی به سیستم می‌گویند.

مولفه‌های محاسبه:

- ✓ چاه (∇_{in1})
- ✓ قنات (∇_{in2})
- ✓ چشمه (∇_{in3})
- ✓ خرید آب تصفیه شده (∇_{in4})
- ✓ ورودی به تصفیه‌خانه (∇_{in5})
- ✓ سایر منابع (∇_{in6})

روش محاسبه:

$$\nabla_{IN} = \nabla_{in1} + \nabla_{in2} + \nabla_{in3} + \nabla_{in4} + \nabla_{in5} + \nabla_{in6} \quad (1)$$

توضیحات:

- ✓ در صورتی که آب خام از خط انتقال فروخته شود، فروش آب خام محسوب می‌شود.
- ✓ در صورتی که آب قابل شرب (آب چاهها و سایر منابع زیرزمینی که احتیاج به تصفیه ندارند و نیز آب تصفیه شده) از خط انتقال آب شرب فروخته شود در ردیف بعدی آورده می‌شود.
- ✓ اگر فروش آب از نقطه‌ای از شبکه شهر یا یک مخزن صورت پذیرد باید در بخش آب قابل شرب فروش رفته آورده شود.
- ✓ برای اندازه‌گیری آب ورودی باید از کنتورهای مناسب در کلیه ورودیهای شبکه استفاده شود.
- ✓ تمام کنتورهای نصب شده باید بطور دوره‌ای کالیبره شوند.
- ✓ منابع تولید و ورودی‌های که کنتور ندارند باید بوسیله فلومتر مقدار تولید آنها تخمین زده شود (البته از این روش به صورت موقت استفاده می‌شود).
- ✓ تخمین دبی به یکی از روشهای زیر انجام می‌گردد:
 - به وسیله ابزارهای اندازه‌گیری قابل حمل (فلومتر اولتراسونیک، مغناطیسی و غیره)
 - اندازه‌گیری افت سطح آب مخازن و محاسبه مقدار حجم با توجه به سطح مخزن
 - بررسی نقطه کار پمپ و بدست آوردن دبی معادل فشار اندازه‌گیری شده و سپس محاسبه مقدار تولید با توجه به ساعت کارکرد پمپ
 - مقایسه بین قدرت الکتروپمپ (مقداری که از آمپر، ضریب قدرت و ولتاژ بدست می‌آید) با راندمان الکتروپمپ و فشار روی پمپ
 - سایر روشهای تخمین مهندسی
- ✓ شرکت‌ها باید برای ورودی سیستم، سیستم تولید و توزیع، سیستم توزیع و ¹DMAها کنتور نصب نمایند.

¹ District Metering Area

ب- مصارف مجاز^۱

تعریف:

✓ به مجموع مصارفی که شرکت آب و فاضلاب اجازه استفاده از آن را داده است، مصارف مجاز می‌گویند.

مولفه‌ها:

✓ مصارف مجاز با درآمد (∇_{BAC}^۲)

✓ مصارف مجاز بدون درآمد (∇_{UAC}^۳)

روش محاسبه:

$$\nabla_{AC} = \nabla_{BAC} + \nabla_{UAC} \quad (۲)$$

توضیحات:

✓ مولفه‌های مصارف مجاز در ردیفهای (ج) و (د) توضیح داده شده است.

ج- مصارف مجاز با درآمد

تعریف:

✓ به مجموع مصارفی که شرکت آب و فاضلاب بابت آن، آب بها دریافت می‌نماید، چه قبض صادر کند چه نکند، مصارف مجاز با درآمد گویند.

مولفه‌ها:

✓ مصارف اندازه‌گیری شده دارای قبض (∇_۱)

✓ مصارف اندازه‌گیری نشده دارای قبض (∇_۲)

روش محاسبه:

$$\nabla_{BAC} = \nabla_1 + \nabla_2 \quad (۳)$$

توضیحات:

✓ مصارف اندازه‌گیری شده دارای قبض:

باید دقت شود که مقدار مصرف گزارش شده توسط امور مشترکین مربوط به دوره یا سال مورد نظر باشد. به طور مثال، اطمینان حاصل شود که مقدار مصرف گزارش شده برای ماه فرودین دقیقاً مربوط به این ماه است تا با مقدار تولید یا ورودی به سیستم قابل مقایسه باشد.

برخی از مصادیق این سرفصل شامل موارد زیر می‌باشد:

- در این مورد خطای کنتورها و نیز خطای ثبت، انتقال و پردازش داده‌ها باید در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر خطاهایی که تصحیح شده یا اشتباهات کنتورخوانها که قبض آنها تصحیح شده است باید در این قسمت آورده شود.

¹ Authorized Consumption

² Billed Authorized Consumption

³ Unbilled Authorized Consumption

- مشترکین فعالی که کنتور دارند و اسامی آنها در فایل صدور قبض نبوده است ولی بعداً شناسایی شده‌اند و مصرف آنها ذکر شده است.
- مشترکین خانگی، تجاری، عمومی، صنعتی و سایر مشترکینی که مصرف آنها هر دوره قرائت شده و وارد سیستم صدور قبض می‌گردد (قرائت عادی).

✓ مصارف اندازه‌گیری نشده دارای قبض:

شامل مشترکینی است که کنتور ندارند ولی صورتحساب برای آنها صادر می‌شود و نیز مشترکینی که بر اساس متوسط مصرف برای آنها صورتحساب صادر می‌شود.

برخی از مصادیق این سرفصل شامل موارد زیر می‌باشد:

- مشترکینی که کنتور ندارند ولی بر اساس فروش مقطوعی صورتحساب برای آنها صادر می‌شود.
- مشترکینی که بر اساس متوسط مصرف برای آنها صورتحساب صادر می‌شود.
- ارگان‌های دولتی یا ادارات که کنتور ندارند و به صورت تخمینی مقدار مصرف و صورت حساب برای آنها صادر می‌شود (باید در جهت حذف آنها تلاش گردد).
- کنتورهای خرابی که بر اساس متوسط مصرف دوره‌های قبل، صورتحساب قطعی برای آنها صادر می‌شود.
- مصارف صفری که به علل گوناگون کنتور آنها مصرف را نشان نداده و سیستم امور مشترکین این مصرف را قبول ندارند و مصرف قطعی بر اساس دوره‌های قبل صادر می‌کند.
- غیرمجازهایی که مجاز شده‌اند و بر اساس تخمین برای آنها در دوره غیر مجاز بودن، صورتحساب صادر شده است.
- مواردی که به صورت تانکری آبرسانی شده و پول بابت آن دریافت می‌شود.
- اعلام خسارات ناشی از هدررفت آب بدلیل فعالیتهای حفاری دیگر شرکت‌ها و ارگانها (گاز، برق، مخابرات و غیره)
- حجم مصرفی تهاتر شده با شهرداری‌ها
- سایر موارد (مواردی که مصرف تخمین زده می‌شود و پول بابت آن دریافت می‌شود).

تذکر: این اطلاعات از واحد امور مشترکین قابل اخذ است.

د- مصارف مجاز بدون درآمد^۱

تعریف:

- ✓ مجموع مصارف مجازی که به علل گوناگون درآمدی برای شرکت آب و فاضلاب نداشته است. این عوامل ممکن است به دلایل قانونی و یا مربوط به مصارف فرایند و تاسیسات آب و فاضلاب باشد.

موفقه‌ها:

- ✓ مصارف اندازه‌گیری شده بدون درآمد (V₃)
- ✓ مصارف اندازه‌گیری نشده بدون درآمد (V₄)

روش محاسبه:

¹ Unauthorized Consumption

$$\nabla_{UAC} = \nabla_3 + \nabla_4 \quad (۴)$$

توضیحات:

- ✓ مصارف اندازه‌گیری شده بدون درآمد شامل موارد زیر خواهد بود:
 - مصارف قانونی رایگان (در صورت وجود)
 - مصارف داخلی شرکت یا سایر ادارات و ارگانها که اندازه‌گیری می‌شود ولی پول بابت آن دریافت نمی‌شود (البته آنچه جزء طلب شرکتهاست مربوط به این سرفصل نمی‌باشد).
 - شیرهای آتش‌نشانی و یا شیرهای برداشت عمومی در صورتی که دارای کنتور باشند.
 - سایر موارد (مواردی که اندازه‌گیری می‌شود اما پولی دریافت نمی‌شود).
- ✓ مصارف اندازه‌گیری نشده بدون درآمد شامل موارد زیر خواهد بود:
 - شست و شوی شبکه توزیع آب و جمع‌آوری فاضلاب (تعداد، مدت، دبی)
 - مصارف آتش‌نشانی (تعداد آتش‌سوزی، مقدار آب مصرف شده)

تذکر: در صورتی که مصارف شیرهای مربوطه در مقدار تهاتر با شهرداری لحاظ گردد در این سرفصل نمی‌آید.

 - شست و شوی مخازن (تعداد، حجم)
 - شست و شوی فیلترهای تصفیه‌خانه آب (دبی برای هر فیلتر، مدت برای هر فیلتر، تعداد دفعات، تعداد فیلترها)
 - مصارف داخلی شرکت (در صورتی که دارای کنتور نبوده و تخمین زده شود).
 - سایر موارد (مواردی که تخمین زده می‌شود اما پولی دریافت نمی‌شود).
- ✓ موارد فوق با توجه به آیتم‌های ذکر شده تخمین زده می‌شوند و تخمین‌ها باید بر اساس گزارش‌های مستند، منطقی و مهندسی تهیه شود.

تذکر: این اطلاعات از واحد امور مشترکین و به صورت تخمینی از مراکز مصرف مربوطه قابل اخذ است.

ه- آب با درآمد^۱

تعریف:

- ✓ آب با درآمد همان مصارف مجاز با درآمد می‌باشد.

موانع‌های محاسبه:

- ✓ مصارف اندازه‌گیری شده دارای قبض که بابت آن آب بها دریافت می‌شود (∇_1)
- ✓ مصارف اندازه‌گیری نشده دارای قبض (با درآمد) (∇_2)

روش محاسبه:

$$\nabla_{RW} = \nabla_1 + \nabla_2 = \nabla_{BAC} \quad (۵)$$

^۱ Revenue Water

توضیحات:

✓ در بخش مصارف مجاز با درآمد (بند ج) شرح داده شد.

و - آب بدون درآمد^۱

تعریف:

✓ طبق تعریف به اختلاف بین حجم آب ورودی به سیستم و مصارف مجاز با درآمد، آب بدون درآمد می‌گویند. مصارف مجاز با درآمد عبارت است از مقدار مصرفی که بابت آن صورت حساب صادر شده و هزینه آن دریافت شده یا خواهد شد.

✓ در حقیقت آب بدون درآمد بخشی از کل آب ورودی به سیستم است که به صورتهای مختلف مصرف شده یا به هدر رفته و درآمدی برای شرکت آب و فاضلاب ندارد.

مولفه‌ها:

✓ مصارف مجاز بدون درآمد (UAC)

✓ هدررفت ظاهری (AL)

✓ هدررفت واقعی (RL)

روش محاسبه:

$$\nabla_{NRW} = \nabla_{IN} - \nabla_{RW} \quad (6)$$

توضیحات:

✓ هر کدام از مولفه‌های آب بدون درآمد خود شامل مولفه‌های دیگری هستند که در جای خود توضیح داده شده‌اند.

ز - هدررفت آب^۲

تعریف:

✓ به مجموع هدررفت ظاهری و هدررفت واقعی، هدررفت آب می‌گویند.

مولفه‌ها:

✓ هدررفت ظاهری (∇_{AL})

✓ هدررفت واقعی (∇_{RL})

روش محاسبه:

$$\nabla_{WL} = \nabla_{IN} - \nabla_{AC} \quad (7)$$

توضیحات:

✓ قبلاً هدررفت آب بطور کلی به دو بخش هدررفت فیزیکی و غیرفیزیکی تقسیم می‌شد ولی در استاندارد IWA به دو بخش هدررفت ظاهری و هدررفت واقعی تقسیم شده است.

ح - هدررفت ظاهری^۳

¹ Non-Revenue Water

² Water Losses

³ Apparent Losses

تعریف:

✓ هدررفت ظاهری بخشی از آب ورودی به شبکه توزیع است که به صورتهای مختلف توسط مشترکین مصرف می‌شود ولی درآمدی برای شرکتها ندارند. به عبارت دیگر این بخش از آب ظاهراً به هدر می‌رود ولی به انواع مختلف مصرف می‌شود و شامل موارد زیر است:

مولفه‌ها:

- ✓ مصارف غیرمجاز (∇_5)
- ✓ خطای مدیریت داده‌ها و سیستم (∇_6)
- ✓ عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری (∇_7)

روش محاسبه:

$$\nabla_{AL} = \nabla_5 + \nabla_6 + \nabla_7 \quad (8)$$

توضیحات:

- ✓ روش اندازه‌گیری هدررفت ظاهری همانند اندازه‌گیری هدررفت غیرفیزیکی است که دستورالعمل آن قبلاً در اختیار شرکتها قرار گرفته است و در ادامه توضیح مختصر آن ارائه شده است.
- ✓ خطای انتقال داده‌ها، خطای تجهیزات اندازه‌گیری و مصارف غیرمجاز با کمک نمونه‌گیری تخمین زده می‌شود.
- ✓ این اطلاعات از واحد مشترکین و با کمک نمونه‌گیری قابل دسترسی است.
- ✓ هر یک از این مولفه‌ها به صورت مجزا در ادامه توضیح داده می‌شوند.

۹- مصارف غیر مجاز^۱

برای محاسبه مقدار مصارف غیرمجاز ابتدا لازم است تا تخمینی از تعداد مشترکین غیرمجاز داشته باشیم. تعداد مشترکین غیرمجاز از طریق پیمایش کل مشترکین یا نمونه‌گیری تصادفی به صورت درصد از کل مشترکین قابل دستیابی است. روش تخمین به صورت زیر می‌باشد:

$$E_u = N_u \times Q_u \quad (9)$$

E_u : مقدار مصارف غیرمجاز ($m^3/month$)

Q_u : متوسط مصرف ماهانه هر مشترک در منطقه ($m^3/month$)

N_u : تعداد مشترک غیرمجاز تخمین زده شده در منطقه

روش‌های دستیابی به مشترکین غیرمجاز به صورت زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱. ممیزی تک تک اماکن
۲. نمونه‌گیری تصادفی یا انتخاب تصادفی تعداد مناسبی از مشترکین و بررسی املاک اطراف آنها
۳. مقایسه میزان آبی که وارد منطقه می‌شود با مقدار مصرف انشعابات آن منطقه
۴. مقایسه تعداد اشتراکهای گاز و برق در منطقه با تعداد اشتراک آب
۵. مقایسه آمار تعداد ملک‌های منطقه با تعداد مشترکین موجود
۶. بررسی توالی پلاک‌ها در یک منطقه

¹ Unauthorized Consumption

البته تمام روش‌های مذکور به جزء روش اول به صورت تخمینی می‌باشد ولی می‌تواند یک نمای کلی از تعداد غیرمجازها ارائه نماید.

ز- خطای مدیریت داده‌ها و سیستم (خطای ثبت، انتقال و محاسبه داده‌ها)

خطای مدیریت داده‌ها به سه بخش خطای بهره‌برداری، خطای مدیریتی و خطای انسانی تقسیم می‌شود.

۱- خطای بهره‌برداری:

این خطا مربوط به انشعاباتی است که در فایل سیستم صدور قبض موجودند ولی برای آنها مصرفی در چندین دوره گزارش نشده است. این خطا به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_o = N_o \times Q_a \quad (10)$$

E_o : مصرف ماهانه مشترکین فعال با مصرف صفر (خطای بهره‌برداری) ($m^3/month$)

N_o : تعداد انشعابات فعال با مصرف صفر

Q_a : متوسط مصرف ماهانه هر مشترک در منطقه ($m^3/month$)

علت عدم گزارش مصرف ممکن است به دلایل خرابی یا از کار افتادگی کنتور، عدم درج شماره انشعاب در لیست کنتورخوان، عدم حضور مشترک، غیر قابل قرائت بودن کنتور و موارد مشابه باشد.

۲- خطای مدیریتی:

مربوط به انشعاباتی است که نام آنها در سیستم صدور قبض نبوده و پرونده‌ای در سیستم امور مشترکین ندارند یا پرونده آنها در سیستم کامپیوتری داده نشده، ولی مشترک شرکت هستند و به صورت زیر مصرف آنها تخمین زده می‌شود:

$$E_m = N_m \times Q_a \quad (11)$$

E_m : مقدار خطای مدیریتی ($m^3/month$)

N_m : تعداد مشترکینی که در یک پریود زمانی مشخص در فایل کامپیوتر نبوده‌اند.

Q_a : متوسط مصرف ماهانه هر مشترک در منطقه مورد مطالعه ($m^3/month$)

با انجام پیمایش مشترکین و تهیه بانک اطلاعات مشترکین و مقایسه تعداد مشترکین پیمایش شده با تعداد مشترکین در فایل‌های کامپیوتری شرکت، می‌توان تعداد انشعاباتی را که اطلاعات آنها در فایل کامپیوتری درج نشده است، تعیین کرد.

۳- خطای انسانی (پرستلی):

این خطا به علت آشنا نبودن کنتورخوان با انواع کنتورها و مشکلات در ثبت و انتقال داده‌ها به فایل کامپیوتری و نیز خطای (احتمالی) نرم افزار به وجود می‌آید. از دیگر علل ایجاد این خطا موارد زیر را می‌توان نام برد:

- کوتاه بودن دوره قرائت کنتورها
- فقدان پلاک شماره اشتراک
- عدم حضور مشترک در محل
- عدم اطلاع کنتورخوان‌ها از تعویض کنتور مشترک

• مشکلات ناشی از رویت شماره کنتور

خطای انسانی به صورت زیر تخمین زده می‌شود:

$$E_p = E_{p1} + E_{p2} \quad (12)$$

E_p : هدررفت ظاهری ناشی از خطای انسانی ($m^3/month$)

E_{p1} : خطای انسانی ناشی از قرائت کنتور ($m^3/month$)

E_{p2} : خطای انسانی ناشی از ثبت در کامپیوتر ($m^3/month$)

موارد فوق به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$E_{p1} = E_{F1} \times Q_a \quad (13)$$

$$E_{p2} = E_{F2} \times Q_a \quad (14)$$

E_{F1} : ضریب خطای قرائت کنتورخوان

E_{F2} : ضریب خطای ثبت در کامپیوتر

Q_a : حجم آب قرائت و ثبت شده در کامپیوتر در یک ماه ($m^3/month$)

روش تعیین ضریب خطای فوق به وسیله مقایسه مصرف مشترک با متوسط دوره‌های قبلی و پیمایش مجدد مسیر یا قرائت همزمان با کنتورخوان پیشنهاد شده است.

تذکره ۱: در صورتی که ثبت و انتقال داده به کامپیوتر به صورت غیر دستی باشد، E_{F2} مساوی صفر خواهد بود.

تذکره ۲: در صورتی که نرم افزار، خطا داشته باشد با توجه به بررسی‌های به عمل آمده، باید خطا اعمال گردد.

تذکره ۳: مقادیر بدست آمده در روابط فوق به صورت حجم ماهانه می‌باشد اما باید توجه داشت که در فرم بالانس حجم سالانه مورد نیاز بوده و بنابراین مجموع حجم ماهها باید در فرم وارد گردد.

ح- عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری^۱

آنچه که در این قسمت شرح داده می‌شود مربوط به خطای تجهیزات اندازه‌گیری مصرف کنندگان می‌باشد که به اجزاء زیر تقسیم می‌گردد:

۱. خطای اندازه‌گیری دبی حداقل یا دبی استارت کنتور (E_{Fm1})

۲. خطای اندازه‌گیری دبی متوسط تا حداکثر (E_{Fm2})

۳. مصارف انشعابات دارای کنتورهای کم کار یا خراب (E_{Fm3})

در ادامه به تفکیک هریک تشریح می‌گردد.

۱- خطای اندازه‌گیری دبی حداقل یا دبی استارت کنتور (E_{Fm1})

مصارف با دبی پایین‌تر از دبی استارت را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

• مصارف کولرهای آبی

• منابع ذخیره (تانکر) آب خانه‌ها

۱- خطای تجهیزات اندازه‌گیری مربوط به ورودی سیستم، بررسی و در قسمت ورودی سیستم اعمال می‌گردد.

- منابع‌های انبساط و تاسیسات سرمایش و گرمایش
- مصارف همزمان کمتر از دبی استارت کنتور در مجتمع‌های مسکونی
- سرریز از فلاش تانک‌ها
- سایر موارد

روش تخمین این خطا به صورت زیر است:

$$E_{Fm1} = Q_S \times t \times d \times N_A \times k \quad (15)$$

در این رابطه داریم:

E_{Fm1} : خطای زیر دبی استارت (Liters)

Q_S : دبی مصارف زیر دبی استارت کنتور

t : تعداد ساعت مصرف (h)

d : تعداد روزهایی که محاسبه برای آن انجام می‌شود (به طور مثال ۳۰ روز)

N_A : تعداد مشترکین منطقه یا شهر مورد مطالعه (فقره)

k : ضریب مشترکین دارای تجهیزاتی با دبی زیر دبی استارت (تخمینی)

در این رابطه k به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$k = \frac{n}{N_A} \quad (16)$$

که در آن:

n : تعداد مشترکین با تجهیزات زیر دبی استارت

با توجه به اینکه هر کنتور یا دستگاه اندازه‌گیری دبی استارت استاندارد دارد که در واقع شرکت آب و فاضلاب آن را پذیرفته است، بنابراین مقدار مصارف زیر دبی استارت می‌تواند در سرفصل مصارف مجاز بدون درآمد بیان شود. در صورتی که به دلیل فرسوده شدن کنتور یا خرابی آن دبی استارت اندازه‌گیری شده آن بیش از مقدار ارائه شده توسط کارخانه سازنده باشد، اختلاف آن به عنوان خطای اندازه‌گیری دبی استارت کنتور مطرح بوده و در سرفصل عدم دقت تجهیزات اندازه‌گیری قابل بیان است. اما به علت مشکلات تفکیک این دو قسمت و ضرورت کاهش مقادیری از این نوع در این راهنما کلیه دبی‌های زیر دبی استارت در سرفصل خطای تجهیزات اندازه‌گیری ذکر می‌گردد، ولی اگر قرار باشد که با مقدار مبنایی مقایسه گردد و حد قابل کاهش بدست آید باید مقدار مذکور در نظر گرفته شود.

مثال ۱:

در یک پیمایش مشخص شده که میانگین دبی استارت کنتورها (Liters/h) ۴۵ می‌باشد در حالی که این دبی برای کنتورهای کلاس B ۱/۲ اینچ بر اساس کاتالوگ سازندگان (Liters/h) ۱۵ است. در صورتی که ضریب مشترکینی که دارای تجهیزاتی با دبی زیر دبی استارت مذکور باشند ۰/۵، تعداد مشترکین مورد مطالعه ۵۰۰ فقره، تعداد روز ۲۵ و عملکرد کولرها در روز، ۸ ساعت باشد. مقدار خطای اندازه‌گیری را برای یک ماه محاسبه نمایید.

ج: با توجه به اینکه ممکن است مصارف زیر دبی استارت همواره برابر با مقدار میانگین دبی استارت اندازه‌گیری شده کنتورها نباشد بنابراین از میانگین عدد بدست آمده از تست کنتورها و مقدار ارائه شده توسط کارخانه سازنده استفاده می‌شود.

متوسط دبی استارت = $(45+15)/2 = 30$

$$E_{Fm1} = 30 \times 8 \times 25 \times 500 \times 0.5$$

$$E_{Fm1} = 1500 \text{ (m}^3\text{/month)}$$

در مثال فوق تنها یک آیتم با مصرف زیر دبی استارت وجود داشته است. در صورتی که تعداد آیتم‌های با مصرف زیر دبی استارت زیاد باشد هر یک باید به صورت جداگانه محاسبه و با یکدیگر جمع شوند. این مطلب در مثال (۲) تشریح شده است.

مثال ۲:

خطای اندازه‌گیری دبی حداقل یا دبی استارت کنتور را با فرض مصرف منبع انبساط و کولر (با فرض ۸ ساعت عملکرد کولرها و ۱۸ ساعت عملکرد منبع انبساط در روز) هر کدام حداکثر ۵ (Liters/h) و حدود ۱۰ درصد دبی شروع حرکت به عنوان نشت داخلی ناشی از چکه کردن شیرها بر حسب متر مکعب در ماه بدست آورید.

$$E_{Fm1} = [(0.1 \times Q_S \times 24 \times 12 \times 30 \times N_A) + (5 \times 18 \times 12 \times 30 \times N_{LW1}) + (5 \times 8 \times 30 \times 3 \times N_{LW2})] \div (12 \times 1000)$$

در رابطه بالا عدد ۱۲ مربوط به کارکرد ۱۲ ماهه سال برای منبع انبساط و نشت داخلی ناشی از چکه کردن شیرها و عدد ۳ مربوط به کارکرد سه ماهه کولر آبی در فصل تابستان است. همچنین در این رابطه داریم:

Q_S : دبی استارت کنتور با قطر مورد نظر (Liters/h)

N_A : تعداد کل مشترکین

N_{LW1} : تعداد مشترکین دارای منبع ذخیره و منبع انبساط

N_{LW2} : تعداد مشترکین دارای کولر آبی

E_{Fm1} : خطای زیر دبی استارت (Liters)

۲- خطای اندازه‌گیری دبی متوسط تا حداکثر (E_{Fm2})

این خطا به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{Fm2} = E \times N_A \times Q_a \quad (۱۷)$$

که در آن:

E : میانگین ضریب تصحیح

میانگین ضریب تصحیح بوسیله آزمایش کنتور و از ضرایب تصحیح دبی انتقال و دبی حداکثر بدست می‌آید.

$$E = (EQ_t + EQ_{max}) / 2 \quad (۱۸)$$

EQ_t : ضریب تصحیح دبی انتقال

EQ_{max} : ضریب تصحیح دبی حداکثر

N_A : تعداد کل مشترکین

Q_a : متوسط مصرف ماهانه (m^3 /month) یک مشترک

E_{Fm2} : خطای اندازه‌گیری دبی متوسط تا حداکثر کنتور (m^3 /month)

۳- مصارف انشعابات دارای کنتور خراب (E_{Fm3})

این خطا به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{Fm3} = N_{Fm3} \times Q_a \quad (19)$$

E_{Fm3} : خطای انشعابات دارای کنتور خراب (کم کار) ($m^3/month$)

N_{Fm3} : تعداد انشعاباتی که مصرفی کمتر از حد معینی دارند یا کنتورهای آنها کم کار است (کنتور خراب).

Q_a : متوسط مصرف ماهانه مشترک ($m^3/month$)

پس از محاسبه هر یک از این خطاها مقدار کل خطای تجهیزات (ابزار) اندازه‌گیری برابر است با:

$$E_{Fm} = E_{Fm1} + E_{Fm2} + E_{Fm3} \quad (20)$$

به این ترتیب مقدار کل هدررفت ظاهری برابر است با:

$$Apparent\ Losses = E_{Fm1} + E_{Fm2} + E_{Fm3} + E_m + E_o + E_u \quad (21)$$

تذکر: یادآوری می‌گردد در نهایت مقادیر بدست آمده بصورت متر مکعب در سال محاسبه و در فرم بالانس وارد گردد.

ط- هدررفت واقعی^۱

هدررفت واقعی بخشی از آب ورودی به شبکه توزیع است که بدون آن که مصرف شود به صورت نشت‌های مختلف از شبکه (واقعاً) به

هدر می‌رود و شامل موارد زیر می‌باشد:

- نشت از خطوط انتقال
- نشت از شبکه توزیع
- نشت از انشعابات
- نشت از مخازن شبکه
- سرریز از مخازن شبکه

اطلاعات مورد نیاز برای تحلیل مولفه‌های هدررفت واقعی در یک شبکه توزیع آب عبارتند از:

۱. طول کل لوله‌های شبکه
۲. تعداد انشعابات یا مشترکین
۳. متوسط طول انشعابات
۴. تعداد شکستگی‌ها در لوله‌های اصلی شبکه (گزارش شده و نشده)

¹ Real Losses

۵. تعداد شکستگی‌ها در انشعابات (گزارش شده و نشده)

۶. تعداد شکستگی‌ها در خطوط انتقال

۷. متوسط فشار در سراسر شبکه

۸. تخمین زمان لازم برای:

- آگاهی
- یافتن محل نشت
- تعمیر شکستگی

۹. تخمین متوسط دبی نشت در شبکه

۱۰. تخمین متوسط دبی نشت در انشعابات

۱۱. تخمین سرریز و نشت از مخازن

۸- ارزیابی هدررفت واقعی:

بطور کلی هدررفت واقعی به سه روش مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که عبارتند از:

۱- روش بالانس آب

۲- روش تحلیل مولفه‌های شکستگی و زمینه^۱

۳- روش تحلیل حداقل جریان شبانه^۲

در ادامه شرح هر یک از این روشها آمده است.

۸-۱- روش بالانس آب

همانگونه که ذکر شد در این روش حجم آب ورودی با انواع مختلف مصرف و هدررفت ظاهری مقایسه شده و مقدار کل هدررفت واقعی محاسبه می‌گردد.

با توجه به اینکه هدررفت ظاهری (AL) مشخص است، محاسبه هدررفت واقعی به روش زیر ممکن می‌باشد:

برای آب بدون درآمد داریم:

$$\nabla_{NRW} = \nabla_{IN} - \nabla_1 - \nabla_2 \quad (22)$$

بنابراین هدررفت واقعی برابر است با:

$$\nabla_{RL} = \nabla_{NRW} - \nabla_{AL} \quad (23)$$

مقدار محاسبه شده مربوط به مجموع مولفه‌های هدررفت واقعی یعنی نشت از انشعابات، لوله‌های توزیع، لوله‌های انتقال، نشت از مخازن و سرریز از مخازن بوده که باید تفکیک گردند. نشت از انشعابات، لوله‌های توزیع و لوله‌های انتقال خود شامل نشت‌های زمینه، شکستگیهای گزارش شده و گزارش نشده می‌باشد.

¹ Burst And Background Estimate

² Minimum Night Flow

برای تفکیک مقدار ∇_{RL} بدست آمده می‌توان از مطالعات انجام شده مشاور در این زمینه و یا از آمار و اطلاعات واحد شبکه و اتفاقات استفاده کرد. برای این منظور برای تخمین اولیه ترتیب زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱. نشت از مخازن ذخیره (∇_{11})

برای محاسبه یا تخمین مقدار نشت از مخازن از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\nabla_{11} = N_s \times Q_s \times T_s \quad (24)$$

در این رابطه داریم:

Q_s : دبی متوسط نشت مخازن (Liters/h)

T_s : مدت نشت مخازن (ساعت)

N_s : تعداد مخزن

برای محاسبه نشت مخازن می‌توان با قطع خروجی و ورودی و افت سطح آب مخزن در موارد نشتهای نامرئی استفاده کرد و در موارد مرئی، با توجه به شرایط می‌توان از روشهایی مانند جت آب از روزنه و جمع‌آوری نشت در یک ظرف قابل اندازه‌گیری، دبی را تخمین زد.

۲. سرریز از مخازن ذخیره (∇_{12})

برای محاسبه یا تخمین مقدار سرریز از مخازن از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\nabla_{12} = N_o \times Q_o \times T_o \quad (25)$$

در این رابطه داریم:

Q_o : دبی متوسط هر سرریز (Liters/h)

T_o : مدت سرریز (ساعت)

N_o : تعداد سرریزها

برای محاسبه سرریز مخازن از روش سرریز و اعمال رابطه برنولی یا بستن شیرهای ورودی و خروجی و یا نصب دستگاه اندازه‌گیری در ورودی و خروجی و بدست آوردن اختلاف آنها با مقدار حجم پر شده مخزن استفاده کرد.

۳. نشت از انشعابات، لوله‌های توزیع و لوله‌های انتقال ($\nabla_8, \nabla_9, \nabla_{10}$)

با کم کردن مجموع میزان نشت و سرریز از حجم کل هدررفت واقعی خواهیم داشت:

$$(\nabla_8 + \nabla_9 + \nabla_{10}) = \nabla_{RL} - (\nabla_{11} + \nabla_{12}) \quad (26)$$

آمار مربوط به تعداد، زمان و دبی وقوع شکستگی و اتفاقات انشعابات، لوله‌های توزیع، لوله‌های انتقال از واحد شبکه و اتفاقات قابل

دریافت است. جهت تفکیک مقدار بدست آمده می‌توان آن را به نسبت این آمار و به روش زیر تقسیم نمود:

$$\forall_8 = \frac{(Q_t \times N_t \times T_t)}{[(Q_t \times N_t \times T_t) + (Q_d \times N_d \times T_d) + (Q_c \times N_c \times T_c)]} \times [\forall_{RL} - (\forall_{11} + \forall_{12})] \quad (27)$$

$$\forall_9 = \frac{(Q_d \times N_d \times T_d)}{[(Q_t \times N_t \times T_t) + (Q_d \times N_d \times T_d) + (Q_c \times N_c \times T_c)]} \times [\forall_{RL} - (\forall_{11} + \forall_{12})] \quad (28)$$

$$\forall_{10} = \frac{(Q_c \times N_c \times T_c)}{[(Q_t \times N_t \times T_t) + (Q_d \times N_d \times T_d) + (Q_c \times N_c \times T_c)]} \times [\forall_{RL} - (\forall_{11} + \forall_{12})] \quad (29)$$

که در آن:

- Q_t : دبی متوسط شکستگی‌های گزارش شده لوله‌های انتقال
- N_t : تعداد شکستگی‌های گزارش شده لوله‌های انتقال
- T_t : مدت زمان دبی شکستگی‌های گزارش شده لوله‌های انتقال
- Q_d : دبی متوسط شکستگی‌های گزارش شده لوله‌های توزیع
- N_d : تعداد شکستگی‌های گزارش شده لوله‌های توزیع
- T_d : مدت زمان دبی شکستگی‌های گزارش شده لوله‌های توزیع
- Q_c : دبی متوسط شکستگی‌های گزارش شده لوله‌های انشعاب
- N_c : تعداد شکستگی‌های گزارش شده لوله‌های انشعاب
- T_c : مدت زمان دبی شکستگی‌های گزارش شده لوله‌های انشعاب
- \forall_{11} : نشت از مخازن
- \forall_{12} : سرریز از مخازن
- \forall_{RL} : هدررفت واقعی بدست آمده از جدول بالانس

تذکر: علاوه بر نشتهای خطوط انتقال، در صورتی که شرکت دارای خط انتقال آب خام باشد، میزان نشت موجود در این خط در ردیف نشت خطوط انتقال فرم بالانس آورده شود. همچنین نشت از ایستگاههای پمپاژ در این بخش آورده شود. نشت بدست آمده تخمینی بوده و شامل نشت گزارش شده، گزارش نشده و نشتهای زمينه می‌باشد. این روش با توجه به نوع، سن و جنس لوله قابل خدشه است ولی بهترین تخمین در این زمينه با توجه به واقعيتهاى موجود است. به دليل اينکه احتمال خطا در بالانس آب همیشه وجود دارد لذا هدررفت واقعی را به روش‌های دیگری علاوه بر روش فوق بدست آورده و سپس با یکدیگر مقایسه می‌شود. این روش‌ها در ادامه توضیح داده می‌شوند.

۲-۸- روش تحلیل مولفه‌ها

حجم سالانه هدررفت آب بصورت انواع مختلف نشت و در بخش‌های مختلف شبکه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بطور کلی نشت در مفهوم BABE به دو بخش شکستگی یا ترکیدگی و نشت زمينه تقسیم می‌شود. بر اساس این تقسیم‌بندی کلیه نشتهای زیر ۲۵۰ لیتر در

ساعت در فشار ۵۰ متر^۱ به عنوان نشت زمینه و کلیه نشتهای مساوی یا بیشتر از ۲۵۰ لیتر در ساعت در فشار ۵۰ متر به عنوان ترکیدگی با شکستگی تعریف می‌شود. البته تمایز بین شکستگی و نشتهای زمینه ثابت نبوده و ممکن است مقدار آن از کشوری به کشوری دیگر متفاوت باشد تعیین مقدار مناسب این عدد نیاز به مطالعات بیشتری دارد. در حال حاضر بنا به توصیه WRC^۲ آفریقای جنوبی مقدار ۲۵۰ لیتر در ساعت در فشار ۵۰ متر به عنوان شروع در نظر گرفته می‌شود.

همانگونه که قبلاً نیز ذکر شد کلیه شکستگیها را می‌توان به دو بخش شکستگی گزارش شده و گزارش نشده تقسیم کرد و حجم کل هدررفت ناشی از هر یک از انواع نشت را می‌توان بصورت زیر محاسبه کرد:

$$V = N \times Q \times T \quad (30)$$

که در آن:

V : حجم هر یک از انواع نشت

Q : دبی متوسط نشت (Liters/h)

T : مدت یا دوره نشت (ساعت)

N : تعداد نشت (که با توجه به مفهوم BABE معادل تعداد ترکیدگی خواهد بود، این تعداد با اگماض معادل تعداد حادثه‌های گزارش شده مرسوم در شرکتهای آب و فاضلاب می‌باشد).

از آنجایی که تعیین دقیق مقدار نشت در هر یک از بخش‌های شبکه به دلیل نامرئی بودن بخشی از نشتهای امکان‌پذیر نیست بنابراین جدولی جهت تخمین این مقادیر در بخش‌های مختلف ارائه شده است. البته در شبکه‌هایی که مطالعاتی توسط مشاور انجام شده است و نیز شبکه‌هایی که دارای اطلاعات موثق‌تری هستند باید از آن اطلاعات استفاده شود و در صورت نبود اطلاعات می‌توان از جدول (۱) برای تخمین آن استفاده کرد. جدول (۱) اطلاعات پایه، برای تخمین مقدار شکستگی‌های گزارش نشده را نشان می‌دهد.

جدول (۱): اطلاعات پایه برای تخمین شکستگی‌های گزارش نشده در یک سال (منبع: WRC آفریقای جنوبی)

ردیف	بخش‌های مختلف شبکه	فرکانس یا تعداد شکستگی‌های گزارش نشده	دبی شکستگی‌های گزارش نشده
۱	لوله‌های انتقال	تقریباً برابر صفر	در صورت وجود برابر نصف دبی شکستگی گزارش شده
۲	لوله‌های توزیع	۵ تا ۱۰ درصد فرکانس شکستگی گزارش شده (تعداد/کیلومتر/سال)	نصف دبی شکستگی گزارش شده
۳	لوله‌های انشعاب	۳۰ تا ۳۵ درصد فرکانس شکستگی گزارش شده (تعداد/انشعاب/سال)	برابر با دبی شکستگی گزارش شده

نشت زمینه نیز بخشی از هدررفت واقعی آب است که شامل نشتهای کوچک و تراوشهایی هستند که همیشه جریان داشته و پیدا کردن آنها بسیار مشکل است. از آنجایی که تفکیک این مقدار از ترکیدگیهای گزارش شده مشکل است و اندازه‌گیری مستقل آن احتیاج به تلاش

^۱ برای درک فیزیکی از این موضوع اگر فرض شود که شبکه دارای مشخصه $N=0.5$ باشد، این مقدار دبی با رابطه اوریفیس معادل با خروج آب از سوراخی با قطر ۱,۷ میلی‌متر است و در صورتی که شبکه بزرگی (از نظر نوع جنس لوله) با مشخصه $N=1$ باشد قطر سوراخ معادل ۰,۶ میلی‌متر خواهد بود.

فراوان دارد. یک تخمین مهندسی برای آن در نظر گرفته می‌شود. جدول (۲) مقدار نشت زمینه در^۱ ICF برابر با یک در لوله‌های توزیع و انشعاب را نشان می‌دهد.

جدول (۲): اطلاعات پایه برای تخمین نشت زمینه (منبع: IWA)

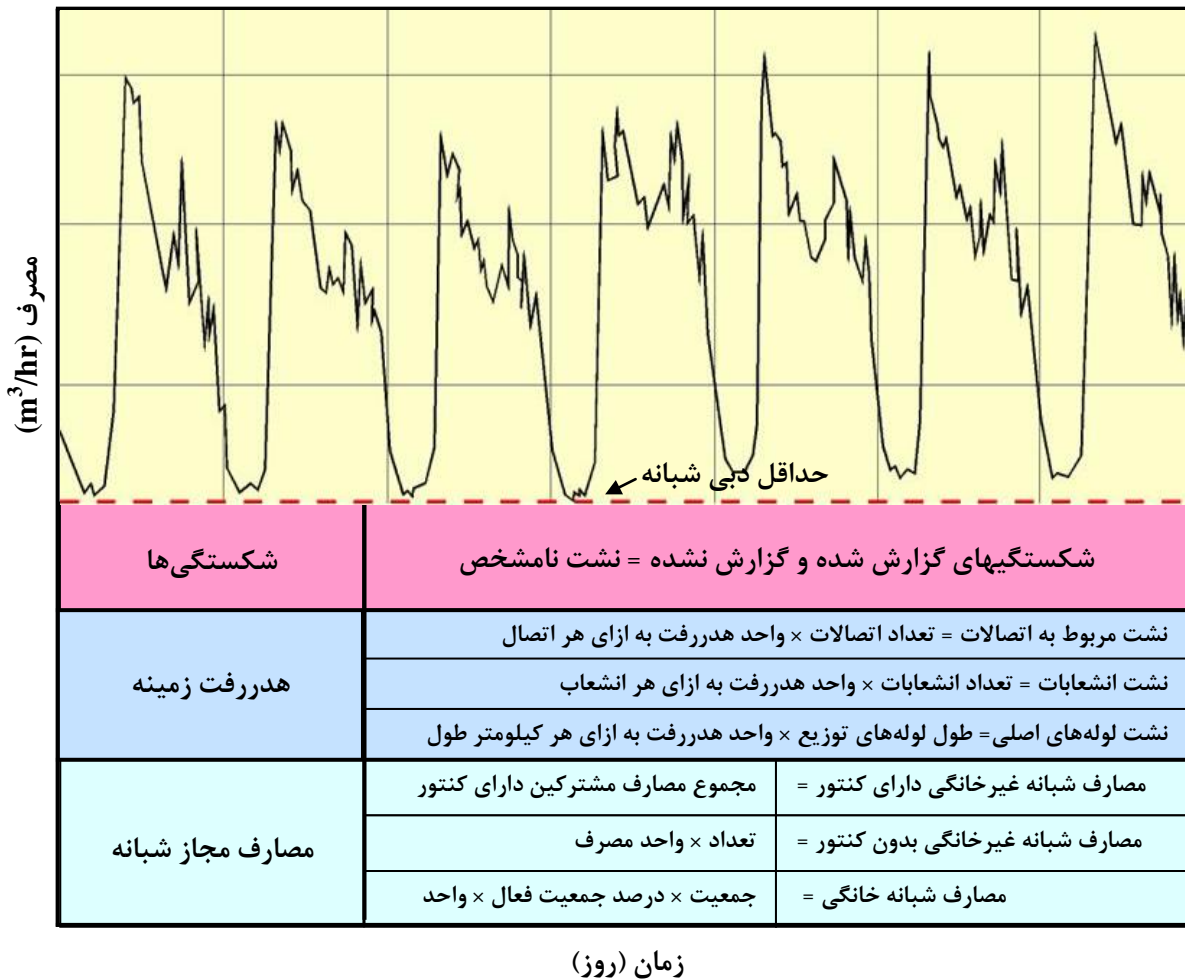
واحد	نشت زمینه در ICF = 1	بخش‌های مختلف شبکه	ردیف
Lit/km/day/m pressure	9.6	لوله‌های انتقال	۱
Lit/km/day/m pressure	9.6	لوله‌های توزیع	۲
Lit/km/day/m pressure	16	لوله‌های انشعاب	۳

بعد از محاسبه هر یک از مقادیر نشتهای زمینه، شکستگی‌های گزارش شده و گزارش نشده مقدار کل هدررفت به تفکیک برای لوله‌های توزیع، انتقال و انشعابات با جمع هر یک محاسبه می‌شود.

۳-۸- روش تحلیل حداقل جریان شبانه

حداقل مقدار جریان اندازه‌گیری شده در یک منطقه با شبکه ایزوله شده در هنگام شب و در فاصله زمانی حداقل تقاضای مشترکین، حداقل جریان شبانه (MNF) نام دارد. شکل (۴) مولفه‌های حداقل جریان شبانه را در منحنی مصرف نشان می‌دهد.

^۱ ICF (Infrastructure Condition Factor)، نسبت بین نشت زمینه در یک منطقه به نشت زمینه اجتناب ناپذیر محاسبه شده در یک شبکه با



شکل (۴): مولفه‌های حداقل جریان شبانه (منبع: WRC آفریقای جنوبی)

حداقل جریان اندازه‌گیری شده در یک منطقه در زمان حداقل مصرف (معمولاً بین ساعت ۲ تا ۴ بامداد) اتفاق می‌افتد و شامل سه قسمت می‌باشد:

- نشت زمینه
- شکستگی‌ها
- مصارف مجاز شبانه

طبق بررسی‌های انجام شده مقدار دبی خالص شبانه از ۲۰ درصد متوسط مصرف در هر سیستم (منبع: بانک جهانی) یا ۲۵ درصد مقدار ماکزیم مصرف (منبع: GWK انگلستان)، بیشتر نیست و مقدار آن با اتخاذ تدابیر کنترل نشت باید به کمتر از ۶ لیتر به ازای هر مشترک در هر ساعت و یا ۴/۳ متر مکعب به ازای هر مشترک در هر ماه کاهش یابد (منبع: WRC انگلستان).

برای بدست آوردن میزان نشت در یک منطقه با استفاده از حداقل جریان شبانه باید مقدار مصارف مجاز شبانه و نشت زمینه را از مقدار کل حداقل جریان شبانه کم کرد. طبق استاندارد، مقدار ۰/۶ لیتر به ازای هر نفر در هر ساعت را برای مصارف مجاز شبانه و مقدار نشت زمینه را نیز برابر ۲۵ درصد مقدار ماکزیم مصرف به عنوان استاندارد می‌توان در نظر گرفت. بنابراین مقدار نشت ناشی از شکستگی‌های گزارش نشده را می‌توان بصورت زیر محاسبه کرد:

$$Q_L = Q_{MNF} - (Q_{NC} + Q_{BL}) \quad (31)$$

$$Q_{NC} = 0.6 \times N_P \quad (۳۲)$$

$$Q_{BL} = 0.25 \times Q_{max} \quad (۳۳)$$

که در آن:

Q_L : نشت گزارش نشده از خطوط انشعاب و توزیع

Q_{MNF} : حداقل جریان شبانه اندازه‌گیری شده

Q_{NC} : مصارف شبانه

Q_{BL} : نشت زمینه

N_P : جمعیت منطقه

Q_{max} : حداکثر مصرف منطقه

البته باید توجه داشت که مقدار نشت لوله‌های توزیع و انشعابات که در فرم بالانس آمده است شامل نشت زمینه و شکستگی‌های گزارش شده و گزارش نشده است و بنابراین برای محاسبه مقادیر آن در فرمول فوق تنها مصارف مجاز شبانه از مقدار حداقل دبی جریان شبانه کم می‌شود. یعنی:

$$(\nabla_9 + \nabla_{10}) = Q_{MNF} - Q_{NC} \quad (۳۴)$$

هدررفت بدست آمده از فرمول فوق شامل نشت زمینه و شکستگی‌های گزارش نشده برای لوله‌های شبکه توزیع و لوله‌های انشعابات است.

تذکر: باید توجه داشت که بخشی از این هدررفت مربوط به چکه‌ی شیرآلات و نشت از لوله‌های منازل مشترکین است در صورتی که دبی آنها زیر دبی استارت باشد. در گذشته این مقدار در بخش هدررفت ظاهری بیان می‌شد اما به دلیل تکرار حذف شده و برای سهولت، این مقدار از نشت لوله‌های شبکه توزیع و انشعابات مشترکین تفکیک نشده است.

برای تفکیک این هدررفت به نشت مربوط به لوله‌های توزیع و نشت مربوط به انشعابات همانند روش بالانس آب می‌توان از آمار و اطلاعات بخشی از اتفاقات مربوط به آنها استفاده کرده و مقدار هر کدام را مشخص نمود. در انتها مقدار هدررفت مربوط به شکستگی‌های گزارش شده (رابطه (۳۰)) به هر کدام از آنها اضافه می‌شود.

۴-۸- مقایسه سه روش و اصلاح آنها

بعد از محاسبه مقادیر مولفه‌های هدررفت واقعی به سه روش ذکر شده می‌توان آنها را در جدولی همانند جدول (۳) قرار داد تا بتوان آنها را با یکدیگر مقایسه کرد.

جدول (۳): مقایسه مولفه‌های هدررفت واقعی محاسبه شده از سه روش

ردیف	مولفه‌های هدررفت واقعی	روش بالانس آب	روش آنالیز مولفه‌ها	روش تحلیل حداقل جریان شبانه	مقدار اصلاح شده
۱	نشت از خطوط انتقال				
۲	نشت از شبکه توزیع				

				نشست از انشعابات	۳
				نشست از مخازن	۴
				سرریز از مخازن	۵
				مجموع هدررفت واقعی	۶

در صورتی که داده‌های مورد استفاده و تخمین‌های به کار گرفته شده در محاسبه این مولفه‌ها درست بوده باشد مقادیر بدست آمده آنها در هر سه روش تقریباً باید مساوی هم باشند. در صورتی که اختلافی بین این مقادیر وجود داشته باشد باید یک بار دیگر محاسبات مربوط به هر روش را بازنگری و در تخمین‌های زده شده تجدید نظر کرد و در واقع تعادلی بین مقادیر بدست آمده برقرار نمود و در نهایت مقادیر اصلاح شده (پذیرفته شده) برای هر یک از مولفه‌ها وارد فرم بالانس می‌شود و بدین ترتیب فرم بالانس تکمیل گردد.

فرم بالانس تکمیل شده دارای اطلاعات با ارزشی است که بر اساس آن می‌توان میزان تاثیر هر یک از عوامل ایجاد آب بدون درآمد را بررسی و برنامه‌ریزیهای مقابله با آن را اولویت‌بندی نمود.

در خصوص راهکارهای قابل حصول از جدول بالانس آب برای مدیریت جامع هدررفت در شبکه‌های توزیع آب در گزارش‌های آینده بطور مفصل بحث خواهد شد.

۹- شاخص‌های عملکردی:

شاخص‌های عملکردی آب بدون درآمد در ویرایش دوم این راهنما ارائه می‌گردد.