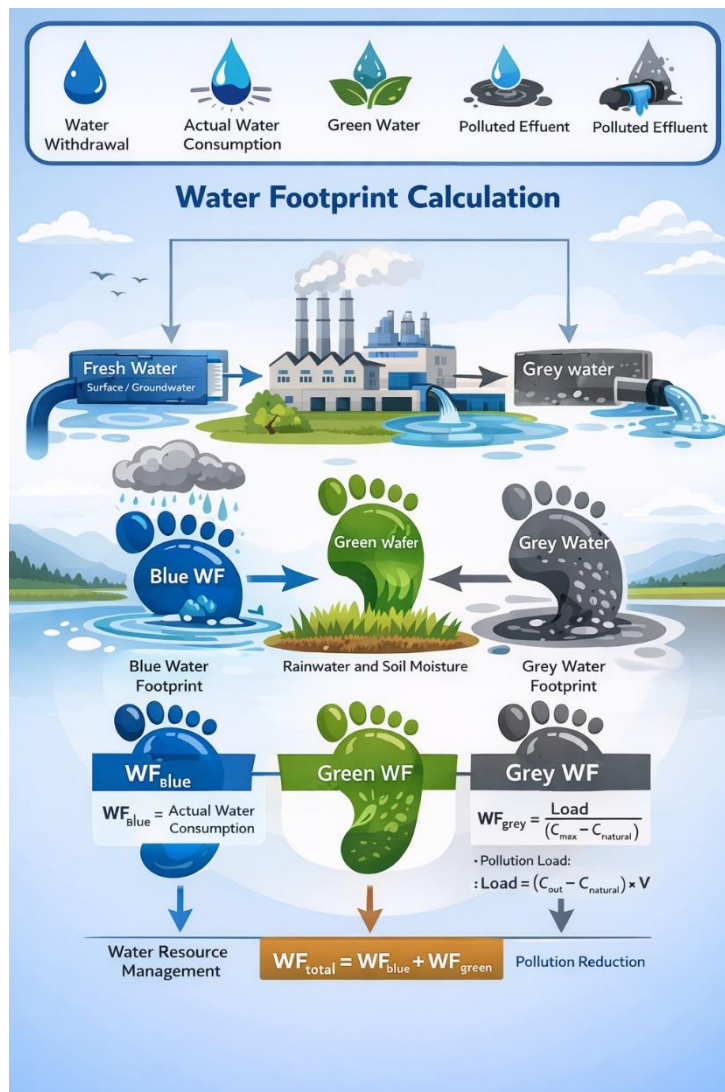


محتوای آموزشی

- چرا ردپای آب؟ تفاوت آن با آب مجازی
- تعریف علمی و اجزای ردپای آب
- چگونگی محاسبه ردپای آب (گام به گام)
- ردپای آب، قوانین بین‌المللی و صادرات
- نسبت ردپای آب با نسل چهارم دانش مدیریت سبز
- مثال عددی + تمرین موردی (حل شده)





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

چرا «محاسبه ردپای آب» مطرح شد؟

تفاوت آن با «آب مجازی» چیست؟

مسئله جهانی

- آب وارد اقتصاد، تجارت و ریسک بنگاه شده است
- کمبود آب دیگر فقط زیست محیطی نیست → مالی، اعتباری، صادراتی

آب مجازی (Virtual Water)

- مفهوم توصیفی
- می گوید: «در تولید یک کالا چقدر آب نهفته است»
- بیشتر در سیاست گذاری کلان و تجارت بین کشورها

ردپای آب (Water Footprint)

- ابزار مدیریتی و تصمیم ساز
- پاسخ می دهد:
 - کجا؟
 - چه نوع آبی؟
 - در کدام فرایند؟
 - با چه اثری؟ (تلف - مصرف - تبخیر)

تفاوت کلیدی آب مجازی = روایت (میزان آب مصرفی به ازای یک واحد محصول)

ردپای آب = ابزار مدیریت، گزارش دهی و اقدام

تعریف دقیق ردپای آب

تعریف استاندارد. ردپای آب حجم کل آب شیرین مصرف شده و/یا آلوده شده/تبخیر در طول زنجیره تأمین یک محصول، فرایند یا سازمان است، با تفکیک مکانی و زمانی. آب شیرین - مصرف - آلوده - تبخیر - زمان و مکان - نوع آبی





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

سه مؤلفه اصلی

مثال صنعتی	تعریف	نوع
آب خنک کاری، بویلر	برداشت و مصرف آب سطحی/ زیرزمینی	آبی (Blue)
مواد اولیه کشاورزی	آب باران ذخیره شده در خاک	سبز (Green)
پساب صنعتی	آب لازم برای رقیق سازی آلودگی	خاکستری (Grey)

نکته مهم برای صنعت: برداشت $\neq$ ردپای آب

فقط آبی که مصرف یا تبخیر و یا آلوده می شود، حساب می شود.

آب مجازی = میزان آب مصرف شده یا برداشت شده به ازای یک واحد محصول = برداشت

از چاه ۱ مترمکعب آب برداشت ۴ خودکار تولید. به ازای هر واحد خودکار من ۲۵۰ لیتر آب مجازی





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

CBAM=

چگونگی محاسبه ردپای آب (گام به گام)

گام ۱: تعیین هدف و دامنه

- محصول؟ (مثلاً ۱ تن محصول)
- فرایند؟ (واحد مشخص)
- سازمان؟ (کل سایت)

گام ۲: ترسیم زنجیره فرایند-LC جریان حرکت و مصرف آب (بهینه بکنیم) (قابل ردیابی محصول) + اتلاف (به صفر برانیم) + تبخیر (به صفر برسانی)

دامنه: به ازای یک مترمربع کاشی میزان مصرف و اتلاف و تبخیر آب

اب وارد = ۳۰۰۰ مترمربع = قبض

- ستاد = سرویس های بهداشتی + ابدارخانه + کولر
- سرویس بهداشتی = فلاش + شستشوی دست
- فلاش تانک = ۱۸ لیتری
- مهندسی صنایع = زمان سنجی کار سنجی
- آداب مصرف = فلاش تانک (۱۸ لیتر) + طهارت + فلاش تانک (۱۸ لیتر) + شستشو + شستشو
- زمان قطر دبی حجم
- ابدارخانه = شستشو + جوش
- کیفیت = تراز یابی = Benchmarking
- سبز = baseline خط مبنا = خودتان مبنا = خودتان

- خط تولید
- آشپزخانه
- بسته بندی
- حمام

مثال پتروشیمی:

- آب فرایندی
- آب خنک کاری
- بخار
- شست و شو



بنیاد توسعه پایدار ایران





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

- تصفیه خانه
- ستاد (دفت + آشپزخانه)
- آب = رفتار و عملکرد یا تجهیزات (انسان (رفتار و عملکرد و تجهیزات)

گام ۳: جمع آوری داده

- کنتورها
- برآورد مهندسی صنایعی
- اطلاعات HSE و بهره برداری

گام ۴: محاسبه هر مؤلفه

- ردپای آبی = آب مصرف شده واقعی (تبخیر، تلف شده، منتقل شده)

چه نوع آبی به چه میزان در کجا مصرف شده، تلف شده و تبخیر شد تا تحلیل و پروژه های بهبود

گام ۵: تحلیل و تصمیم

- کدام واحد «نقطه داغ» است؟
- پروژه کاهش از کجا شروع شود؟





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

نقش ردپای آب در قوانین بین المللی و صادرات

چرا برای صادرات مهم است؟

- بازارها از «قیمت» عبور کرده اند
- وارد پایداری، ریسک و شفافیت شده اند

روندهای جهانی مؤثر

- ESG Reporting
- Due Diligence زنجیره تأمین
- CBAM (غیرمستقیم ولی مرتبط با آب)
- استانداردهای داوطلبانه مشتریان بزرگ

به زودی «محصول بدون ردپای آب شفاف» = محصول پرسیک صادراتی

نسبت ردپای آب با نسل چهارم دانش مدیریت و مهندسی سبز

مروری بر چهار نسل از دانش مدیریت و مهندسی سبز

- نسل ۱: حفاظت محیط زیست
- نسل ۲: تصفیه و کنترل = صنعت سبز
- نسل ۳: فناوری سبز

نسل چهارم (هوش سبز)

- آب = داده تصمیم سازی
- تمرکز بر:

- فرایند
- انسان
- رفتار
- اقتصاد

در این نگاه: ردپای آب فقط «عدد» نیست. زبان گفت و گو بین مدیر، مهندس، HSE و بازار



بنیاد توانمندسازی منابع انسانی ایران





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

مثال عددی

مثال: واحد صنعتی (فرضی)

- آب ورودی ماهانه: $m^3 10,000$
- تبخیر و اتلاف واقعی: $m^3 2,500$
- آب برگشتی تصفیه شده: $m^3 6,500$
- بار آلودگی معادل: 25 kg آلاینده
- حد مجاز: 10 mg/L

محاسبه

- ردپای آبی = $m^3 2,500$
 - ردپای خاکستری =
- $$25,000,000 \text{ mg} \div 10 \text{ mg/L} = 2,500 \text{ m}^3$$

نتیجه

ردپای کل آب / $5,000 \text{ m}^3$ = ماه

سؤال مدیریتی و مهندسی:

- کاهش را از کجا شروع می کنید؟
- فناوری؟ رفتار؟ فرایند؟





هندبوك دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

مطالعه موردی کامل

محاسبه ردپای آب محصول در پتروشیمی جم (Cradle-to-Gate)

عنوان. محاسبه ردپای آب تولید پلی اتیلن (PE) در پتروشیمی جم و طراحی پروژه های کاهش اتلاف / تبخیر و بهینه سازی مصرف

هدف آموزشی

۱. مرز/دامنه سیستم را تعریف کند
۲. آب مصرفی واقعی (Blue) را از برداشت تفکیک کند
۳. ردپای آب خاکستری (Grey) را برای یک آلاینده کلیدی محاسبه کند
۴. ردپای آب را به ازای ۱ تن محصول گزارش و نقاط داغ را شناسایی کند
۵. دو پروژه بهبود پیشنهاد دهد (سیستمی + انسانی)

بخش A اطلاعات فرآیند و دامنه

۱) تعریف محصول و واحد کارکردی (Functional Unit)

- محصول: پلی اتیلن (PE)
- واحد کارکردی: ۱ تن PE تولیدی
- دوره داده: یک ماه عملیاتی (۳۰ روز)

۲) مرز سیستم (System Boundary)

Cradle-to-Gate (درون سایت):

- آب خام ورودی به سایت
- آب (DM دی مین)
- بویلر و تولید بخار
- برج های خنک کننده (CT)





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

- شست و شو و سرویس ها
- تصفیه خانه و تخلیه پساب

(توجه: آب نهفته در خوراک/مواد شیمیایی خارج از سایت را فعلاً لحاظ نمی کنیم تا تمرین در کلاس قابل حل بماند).

بخش B داده های ماهانه (سناریوی واقعی نما)

(۱) تولید ماهانه

- تولید PE در ماه: 30,000 تن

(۲) تراز آب سایت (ماهانه)

توضیح	مقدار (m ³ /month)	جریان آب
ورودی کل سایت	900,000	برداشت آب خام از منبع
گردش داخلی (برای اطلاع)	2,100,000	(و فرایند CT از) بازچرخانی آب
استفاده مجدد در سایت	120,000	(Reuse) آب بازیافتی از تصفیه خانه
خروجی WWTP	600,000	تخلیه پساب نهایی به محیط
مصرف واقعی	180,000	تبخیر برج های خنک کننده
به پساب می رود	240,000	(به WWTP) بلودان برج ها
مصرف واقعی	30,000	تلفات/نشستی و مصارف پراکنده

نکته: برای Blue WF باید «مصرف واقعی» را حساب کنیم، نه کل برداشت.

بخش C داده های کیفی پساب (برای Grey WF)

آلاینده شاخص انتخابی: COD

- غلظت COD در پساب خروجی WWTP: 80 mg/L

- 10 mg/L: در آب پذیرنده COD غلظت طبیعی
- 60 mg/L: طبق استاندارد تخلیه/مجوز COD حد مجاز
- 600,000 m³/month: (همان Q) حجم پساب خروجی



هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

(سؤالات)

سؤال ۱) ردپای آب آبی (Blue WF) سایت را برای ماه محاسبه کنید.

راهنما:

Blue WF =

آب مصرف شده واقعی = تبخیر + تلفات غیرقابل بازگشت + آب منتقل شده به محصول/پسماند (در این تمرین: صفر فرض کنید)

داده های مصرف واقعی:

- $CT = 180,000 \text{ m}^3/\text{month}$ تبخیر
- $30,000 \text{ m}^3/\text{month}$ تلفات/نشستی =
- (مصرف جدید نیست، فقط کاهش برداشت است $\rightarrow Reuse = 120,000 \text{ m}^3/\text{month}$ آب بازیافتی)

پس:

$$WF_{blue} = 180,000 + 30,000 = 210,000 \text{ m}^3/\text{month}$$

سؤال ۲) Blue WF به ازای ۱ تن PE چقدر است؟

$$[WF_{blue,ton} = \frac{210,000}{30,000} = 7 \text{ m}^3/\text{ton}$$

نتیجه: ۷ مترمکعب آب آبی به ازای هر تن PE

سؤال ۳ Load (بار آلودگی COD) را محاسبه کنید.

$$Load = (C_{out} - C_{natural}) \times V$$

• اختلاف غلظت: $10-80 \text{ mg/L}$

• حجم: $600,000,000 \text{ L}$

$$Load = 70 \times 600,000,000 = 42,000,000,000 \text{ mg}$$

$$Load = 42,000 \text{ kg COD/month}$$





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

سؤال ۴) ردپای آب خاکستری (Grey WF) را محاسبه کنید.

$$WF_{grey} = \frac{Load}{C_{max} - C_{natural}}$$

$$C_{max} - C_{natural} = 60 - 10 = 50 \text{ mg/L} \quad \bullet$$

$$WF_{grey} = \frac{42,000,000,000}{50} = 840,000,000 \text{ L}$$

$$WF_{grey} = 840,000 \text{ m}^3/\text{month}$$

$$\text{Grey WF} = 840,000 \text{ m}^3/\text{month} \quad \bullet$$

سؤال ۵) Grey WF به ازای ۱ تن محصول؟

$$WF_{grey,ton} = \frac{840,000}{30,000} = 28 \text{ m}^3/\text{ton}$$

$$\bullet \quad 28 \text{ مترمکعب/تن}$$

سؤال ۶) ردپای کل آب (Blue + Grey) به ازای ۱ تن PE؟

$$WF_{total,ton} = 7 + 28 = 35 \text{ m}^3/\text{ton}$$

$$\bullet \quad 35 \text{ مترمکعب آب به ازای هر تن PE}$$

تحلیل مدیریتی

(۱) نقطه داغ کجاست؟

• سهم Blue: 7

• سهم Grey: 28

۸۰٪ ردپا از آلودگی (Grey) می آید، نه از برداشت مستقیم

نتیجه مدیریتی: بهبود کیفیت پساب (کاهش COD) اثر بیشتری از صرفاً کاهش برداشت دارد.





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

۲ سناریوی بهبود سریع (What-if)

اگر COD خروجی WWTP از ۸۰ به ۶۰ mg/L برسد (یعنی دقیقاً حد مجاز):

• Load جدید: $(100 - 60) = 40 \text{ mg/L}$

$$\begin{aligned} \text{Load} &= 50 \times 600,000,000 = 30,000 \text{ kg/month} \\ W_{F_{\text{grey}}} &= \frac{30,000,000,000}{50} = 600,000 \text{ m}^3/\text{month} \end{aligned}$$

- Grey WF/ton = $600,000 / 30,000 = 20 \text{ m}^3/\text{ton}$
کل WF/ton = $7 + 20 = 27 \text{ m}^3/\text{ton}$

فقط با اصلاح COD، ردپای کل از ۳۵ به ۲۷ می‌رسد (کاهش ~۲۳٪)

خروجی نهایی مورد انتظار (فرمت گزارش)

• Water Footprint (Cradle-to-Gate) of PE, Jam Petrochemical

- Blue WF = $7 \text{ m}^3/\text{ton}$
- Grey WF (COD-based) = $28 \text{ m}^3/\text{ton}$
- Total WF = $35 \text{ m}^3/\text{ton}$
- Hotspot = Effluent COD / Grey WF

پروژه‌های بهبود پیشنهادی (برای جمع‌بندی نسل چهارم)

پروژه ۱ (سیستم محور)

کاهش COD خروجی WWTP از ۸۰ به ۶۰ mg/L

- بهینه‌سازی DAF/بیولوژیک/اکسیژن‌دهی
- کنترل شوک‌های بار آلی از واحدها

پروژه ۲ (انسان محور)

برنامه "No Shock to WWTP"

- آموزش اپراتورها و شیفت‌ها برای جلوگیری از تخلیه ناگهانی
- دستورالعمل تخلیه/شست‌وشو و مدیریت Drain
- KPI شیفت: COD ورودی به WWTP



بنیاد توانمندسازی منابع انسانی ایران





تبیین فرمول ردپای آب خاکستری (WF^{grey})

WF^{grey} چیست؟

ردپای آب خاکستری یعنی: حجمی از آب شیرین که باید وجود داشته باشد تا آلودگی تولیدشده به گونه‌ای رقیق شود که کیفیت آب از حد مجاز قانونی پایین‌تر نرود.

• ردپای خاکستری =

$$WF_{grey} = \frac{Load}{C_{max} - C_{natural}}$$

نکته کلیدی: این آب لزوماً برداشت نمی‌شود، اما ظرفیت اکولوژیک آب را اشغال می‌کند.

اجزای فرمول به زبان ساده

(Load بار آلودگی)

بار واقعی آلاینده‌ای که وارد آب می‌شود:

$$Load = (C_{out} - C_{natural}) \times V$$

• واحد: کیلوگرم آلاینده در بازه زمانی

• مثال‌ها:

○ kg COD

○ kg N

○ kg فلز سنگین

در صنعت: Load نتیجه مستقیم فرایند، رفتار و طراحی سیستم است.



C_{max} (حد مجاز قانونی)



بیشترین غلظت مجاز آلاینده در آب پذیرنده (طبق استاندارد محیط زیست)



هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه رد پای آب

- واحد: mg/L

• مثال:

$$\text{COD} \leq 60 \text{ mg/L} \quad \circ$$

$$\text{N} \leq 10 \text{ mg/L} \quad \circ$$

این عدد: «خط قرمز کیفیت آب» است، نه عدد دلخواه صنعت

C_{natural} (غلظت طبیعی)

غلظت طبیعی آلاینده در آب قبل از ورود پساب

- اگر آب تقریباً پاک باشد → نزدیک صفر

- اگر رودخانه آلوده باشد → عدد بالاتر

این بخش نشان می‌دهد: حتی طبیعت هم ظرفیت محدودی برای جذب آلودگی دارد

منطق فلسفی-مدیریتی فرمول

این فرمول می‌گوید: «هر واحد آلودگی، بخشی از ظرفیت آب را اشغال می‌کند.»

بنابراین:

- اگر آلودگی زیاد شود WF^{grey} بزرگ می‌شود
- اگر استاندارد سخت‌گیرانه‌تر شود WF^{grey} بزرگ‌تر می‌شود
- اگر آب پذیرنده آلوده باشد ظرفیت کمتر می‌شود

نتیجه مدیریتی: آلودگی = مصرف آب غیرمستقیم

مثال عددی ساده (آموزشی)

فرض کنید:

- 20 kg/month: بار نیتروژن تخلیه‌شده
- 10 mg/L: حد مجاز نیتروژن
- 2 mg/L: غلظت طبیعی





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

محاسبه:

$$WF_{grey} = \frac{20,000,000 \text{ mg}}{10 - 2} = 2,500,000 \text{ L}$$

نتیجه: $WF_{grey} = 2,500 \text{ m}^3$

یعنی: فقط به خاطر این آلودگی، ۲۵۰۰ مترمکعب ظرفیت آب اشغال شده است.

چرا این فرمول برای مدیران مهم است؟

از دید نسل چهارم دانش مدیریت و مهندسی سبز:

- WF_{grey} ابزار تصمیم سازی است، نه گزارش تزئینی

- پیوند می زند:

- طراحی فرایند

- رفتار منابع انسانی

- ریسک صادرات

- هزینه پنهان آب

«ما آب را فقط وقتی برداشت می کنیم مصرف نمی کنیم؛ وقتی آن را آلوده می کنیم هم مصرف کرده ایم.»

سؤال :

اگر یک پروژه باعث شود Load نصف شود، دقیقاً چه اتفاقی برای WF_{grey} و ریسک آبی سازمان می افتد؟



هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

مطالعه موردی پیشرفته

پتروشیمی جم - ردپای آب با مکان محوری و **Water Stress**

هدف

محاسبه و مقایسه:

۱. **Water Footprint** حجمی (Blue + Grey)

۲. **Water Scarcity Footprint** (Scarcity-Weighted / Location-based)

و نشان دادن اینکه «همان m^3 آب» در دو حوضه متفاوت، اثر متفاوت دارد.

الف) دامنه و واحد کارکردی

- محصول **PE**:
- واحد کارکردی: ۱ تن **PE**
- دامنه: Cradle-to-Gate (درون سایت) مثل نسخه قبلی

ب) داده‌های پایه (همان سناریوی قبل)

- تولید ماهانه: **30,000 ton**
- تبخیر برج خنک کننده: **180,000 m³/month**
- تلفات/نشستی: **30,000 m³/month**
- ماهانه: Blue Consumption پس

$$WF_{blue} = 210,000 \text{ m}^3/\text{month} \Rightarrow 7 \text{ m}^3/\text{ton}$$

پساب خروجی: **600,000 m³/month**

- COD خروجی: **mg/L ۸۰**





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

- COD طبیعی: 110 mg/L
- حد مجاز: 60 mg/L
- Grey WF (COD-based) ماهانه:

$$WF_{grey} = 840,000 \text{ m}^3/\text{month} \Rightarrow 28 \text{ m}^3/\text{ton}$$

ردپای کل حجمی:

$$WF_{total} = 35 \text{ m}^3/\text{ton}$$

(ج) افزودن (Water Stress مکان محوری)

(۱) ایده اصلی

دو شاخص می‌سازیم:

• Blue Scarcity Footprint

$$WSF_{blue} = WF_{blue} \times CF_{scarcity}$$

(معادل اثر در شرایط کم‌آبی) $\text{m}^3\text{-eq/ton}$: خروجی

2) Grey Scarcity Footprint (اختیاری اما حرفه‌ای)

$$WSF_{grey} = WF_{grey} \times CF_{scarcity}$$

- چون Grey هم در همان حوضه «ظرفیت رقیق‌سازی» را مصرف می‌کند.

نکته: در برخی چارچوب‌ها (مثل AWARE در LCA) تمرکز اصلی روی مصرف آب (Blue consumption) است؛ اما در کلاس می‌توانیم Grey را هم به عنوان «ظرفیت زیست‌بومی اشغال‌شده» وزن‌دهی کرد (برای تصمیم‌مدیریتی بسیار مفید است).

(۳) تعریف «ضریب تنش آبی» ($CF_{scarcity}$)

این ضریب از مطالعات حوضه‌ای می‌آید (مثلاً AWARE / WSI / Aqueduct). در این کیس آموزشی، برای اینکه محاسبه‌پذیر باشد، ضریب‌ها را سناریویی می‌دهیم:





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب سناریو مکان محوری پیشنهادی برای جم

• سناریو ۱: حوضه با تنش بالا (Coastal arid / Asaluyeh-like)

$$CF_{scarcity} = 20$$

• سناریو ۲: حوضه با تنش متوسط

$$CF_{scarcity} = 5$$

• سناریو ۳: حوضه کم تنش

$$CF_{scarcity} = 1$$

«مکان واقعی جم معمولاً تنش بالاتری از میانگین کشور دارد»، ولی عدد دقیق را ما فرض آموزشی گرفته ایم تا حل پذیر باشد.

(د) تکلیف (محاسبات پیشرفته)

سؤال (۱) Blue Scarcity Footprint برای هر سناریو

$$\text{Blue WF حجمی} = 7 \text{ m}^3/\text{ton}$$

• سناریو ۱:

$$WSF_{blue} = 7 \times 20 = 140 \text{ m}^3\text{-eq/ton}$$

سناریو ۲:

$$7 \times 5 = 35 \text{ m}^3\text{-eq/ton}$$

سناریو ۳:

$$7 \times 1 = 7 \text{ m}^3\text{-eq/ton}$$

نتیجه مدیریتی فوری: همان کارخانه با همان مصرف آب، اگر در جای پرتنش باشد ۲۰ برابر اثر دارد.





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

سؤال ۲) Grey Scarcity Footprint (اختیاری)

Grey WF حجمی = $28 \text{ m}^3/\text{ton}$

- سناریو ۱:

$$WSF_{grey} = 28 \times 20 = 560 \text{ m}^3\text{-eq/ton}$$

- سناریو ۲:

$$28 \times 5 = 140 \text{ m}^3\text{-eq/ton}$$

- سناریو ۳:

$$28 \times 1 = 28 \text{ m}^3\text{-eq/ton}$$

سؤال ۳) Scarcity-Weighted Total

$$WSF_{total} = WSF_{blue} + WSF_{grey}$$

- سناریو ۱: $560 + 140 = 700 \text{ m}^3\text{-eq/ton}$
- سناریو ۲: $140 + 35 = 175 \text{ m}^3\text{-eq/ton}$
- سناریو ۳: $28 + 7 = 35 \text{ m}^3\text{-eq/ton}$

(و) بخش تحلیلی (برای پتروشیمی جم و صادرات)

(۱) چرا مکان محوری مهم است؟

چون بسیاری از ذی نفعان (سرمایه گذار، خریدار خارجی، گزارش ESG) نمی پرسند فقط:

- «چقدر آب مصرف کردی؟» می پرسند:
- «در چه منطقه ای مصرف کردی؟ آیا آنجا کم آب است؟»





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه رد پای آب

۴) پیام مدیریتی (نسل چهارم)

در نسل چهارم، شما فقط «اندازه گیری» نمی کنید؛ ریسک مکانی آب را وارد تصمیم تولید/سرمایه گذاری/بهبود می کنید:

- اگر تنش آبی بالاست:

- اولویت با کاهش مصرف واقعی (تبخیر) CT

- و کاهش Grey از طریق کنترل COD

- و افزایش Reuse برای کاهش برداشت (اما حواستان باشد: Reuse لزوماً مصرف واقعی را کم نمی کند مگر تبخیر/تلفات را هدف بگیرد)

(ن) افزونه حرفه ای

شاخص «ریسک آبی محصول» (Water Risk Index)

یک شاخص ساده بسازید:

$$WRI = \frac{WSF_{total}}{WF_{total}}$$

- 20 = سناریو ۱: ۳۵/۷۰۰
- 5 = سناریو ۲: ۳۵/۱۷۵
- 1 = سناریو ۳: ۳۵/۳۵

یعنی: اثر واقعی آب این محصول در مکان جمع مانند، ۲۰ برابر مکان کم تنش است.





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

مطالعه موردی کامل ایران رادیاتور

محاسبه ردپای آب رادیاتور فولادی پنلی (Cradle-to-Gate، مکان محور)

هدف آموزشی

۱. Blue WF (مصرف واقعی آب) را از برداشت تفکیک کند
۲. Grey WF را برای یک آلاینده کلیدی پساب رنگ/پیش تصفیه محاسبه کند
۳. اثر مکان محوری Water Stress/را به زبان مدیریتی گزارش کند
۴. نقاط داغ و پروژه‌های بهبود (فناوری + سیستمی + انسانی) پیشنهاد دهد

الف) تعریف محصول و دامنه

- محصول: رادیاتور فولادی پنلی (Steel Panel Radiator)
 - واحد کارکردی: ۱ عدد رادیاتور پنلی استاندارد (معادل ۱۰ kg محصول)
 - دوره داده: یک ماه (۲۲ روز کاری)
 - مرز سیستم (درون کارخانه):
۱. شست و شو و چربی گیری
 ۲. فسفات/پیش تصفیه و آبکشی چندمرحله‌ای (۳ مرحله آبکشی فرضی)
 ۳. رنگ/پوشش دهی (مثلاً الکتروکوتینگ/پودر)
 ۴. تصفیه خانه و تخلیه پساب
- پیش تصفیه چندمرحله‌ای (degreasing, phosphating, multi-stage rinsing) در صنعت رادیاتور رایج است (Goodwins).





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

ب) داده‌های ماهانه (سناریوی واقعی نما)

۱) تولید

• تولید ماهانه رادیاتور: 50,000 عدد

۳) تراز آب (ماهانه)

توضیح	مقدار (m ³ /month)	جریان
ورودی کل	30,000	برداشت آب تازه از شبکه/چاه
گردش داخلی (اطلاعی)	60,000	آب در گردش حلقه آبکشی/تصفیه داخلی
برگشت به آبکشی مرحله ۱	8,000	آب بازیافتی (Reuse) از تصفیه‌خانه
Blue consumption	6,000	مصرف واقعی (تبخیر/تلفات) از خط رنگ و شست‌وشو
خروجی ETP	20,000	دبی تخلیه پساب نهایی به محیط

یادآوری: Blue WF = مصرف واقعی (تبخیر/تلفات/آب منتقل شده)، نه کل برداشت.

ج) داده کیفی پساب برای Grey WF

در خطوط پیش تصفیه/پوشش دهی، آلودگی می‌تواند شامل COD (مواد آلی/چربی/رزین‌ها) و گاهی فلزات سنگین (Ni, Cr, Zn...) باشد (ALMAWATECH).
برای سادگی کلاس، COD را به عنوان آلاینده شاخص انتخاب می‌کنیم.

- حجم پساب خروجی: 20,000 m³/month
- COD غلظت در خروجی ETP: 90 mg/L
- COD پذیرنده COD غلظت طبیعی: 10 mg/L
- طبق مجوز/استاندارد COD حد مجاز: 60 mg/L



هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب تمرین محاسباتی

(۱) محاسبه Blue WF ماهانه و سپس به ازای هر رادیاتور

Blue WF (ماهانه (داده شده): **6,000 m³/month**

$$WF_{blue,unit} = \frac{6,000}{50,000} = 0.12 \text{ m}^3/unit$$

Blue WF = 0.12 m³ (یعنی ۱۲۰ لیتر/عدد) به ازای هر رادیاتور

(۲) محاسبه (Load بار آلودگی) COD

$$[Load = (C_{out} - C_{natural}) \times V]$$

• اختلاف غلظت: ۱۰-۹۰ mg/L

• حجم: ۲۰,۰۰۰ L m³ = 20,000,000

$$Load = 80 \times 20,000,000 = 1,600,000,000 \text{ mg} = 1,600 \text{ kg/month}$$

$$Load = 1,600 \text{ kg COD/month}$$

(۳) محاسبه Grey WF

$$WF_{grey} = \frac{Load}{C_{max} - C_{natural}}$$

$$C_{max} - C_{natural} = 60 - 10 = 50 \text{ mg/L}$$

$$WF_{grey} = \frac{1,600,000,000}{50} = 32,000,000 \text{ L} = 32,000 \text{ m}^3/month$$

$$WF_{grey,unit} = \frac{32,000}{50,000} = 0.64 \text{ m}^3/unit$$

Grey WF = 0.64 m³ به ازای هر رادیاتور (640 لیتر/عدد)

(۴) ردپای کل حجمی (Blue + Grey)

$$WF_{total,unit} = 0.12 + 0.64 = 0.76 \text{ m}^3/unit$$

ردپای کل = ۰.۷۶ m³ به ازای هر رادیاتور (760 لیتر/عدد)





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

بخش پیشرفته: Water Stress / مکان محوری

در گزارش‌های حرفه‌ای (ESG/LCA)، «همان مقدار آب» در مناطق کم‌آب، اثر بیشتری دارد.

یک ضریب تنش آبی (CF) جدید محاسبه را پیش ببریم:

- سناریو تنش بالا (حوضه کم‌آب) $CF = 10$:
- سناریو تنش متوسط $CF = 3$:
- سناریو کم‌تنش $CF = 1$:

5) Scarcity-Weighted Water Footprint ($m^3\text{-eq/unit}$)

$$WSF_{total} = WF_{total} \times CF$$

- تنش بالا: $10 \times 0.76 = 7.6 m^3\text{-eq/unit}$
- تنش متوسط: $3 \times 0.76 = 2.28 m^3\text{-eq/unit}$
- کم‌تنش: $1 \times 0.76 = 0.76 m^3\text{-eq/unit}$

پیام مدیریتی: اگر کارخانه در منطقه پرتنش باشد، «اثر آبی محصول» می‌تواند چند برابر شود even—با همان مصرف حجمی.

تحلیل مدیریتی

نقطه داغ کجاست؟

- Blue: 0.12
- Grey: 0.64

بخش غالب ردپا، Grey (آلودگی) است؛ یعنی مدیریت مواد شیمیایی/کیفیت پساب از صرفه‌جویی برداشت هم مهم‌تر می‌شود.

پروژه‌های بهبود پیشنهادی (نسل چهارم)

با توجه به ماهیت خطوط پوشش‌دهی/پیش تصفیه (Goodwins):





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

(۱) فناوری محور

- آبکشی آبشاری (Cascade rinsing) و کنترل هدایت الکتریکی (EC) برای کاهش مصرف آب تازه
- جداسازی شوک‌های شیمیایی (Batch dumps) قبل از ورود به ETP

(۲) سیستم محور

- KPI ماهانه m^3/unit و COD kg/unit پایش «روزهای شوک»
- استاندارد عملیاتی تخلیه وان‌ها و شست‌وشو (SOP)

(۳) انسان محور

- برنامه «No Shock to ETP» برای اپراتورها (رفتار صحیح تخلیه/شست‌وشو، جلوگیری از ورود ناگهانی مواد)
- آموزش کوتاه شیفت‌ها: «هر خطا = افزایش Grey WF»

خروجی نهایی که باید گزارش کرد

- Blue WF = $0.12 \text{ m}^3/\text{unit}$
- Grey WF (COD-based) = $0.64 \text{ m}^3/\text{unit}$
- Total WF = $0.76 \text{ m}^3/\text{unit}$
- Hotspot = (COD) پس‌اب پیش تصفیه/پوشش‌دهی
- Location-based (تنش بالا) = $7.6 \text{ m}^3\text{-eq/unit}$



تبیین ردپای آب خاکستری (WF^{grey})

نسخه اختصاصی صنعت پتروشیمی

$$WF^{grey} = \frac{Load}{C_{max} - C_{natural}}$$

WF^{grey} در پتروشیمی یعنی چه؟

در صنعت پتروشیمی، ردپای آب خاکستری یعنی: حجمی از آب که اکوسیستم (رودخانه، دریا، آب زیرزمینی) مجبور است «قرض بدهد» تا آلاینده‌های پساب پتروشیمی رقیق شوند و به حد مجاز قانونی برسند.

حتی اگر آب تصفیه و تخلیه شود، ظرفیت جذب آلودگی آب مصرف شده است.

Load (بار آلودگی) در پتروشیمی

Load چیست؟ جرم واقعی آلاینده‌ای که از سایت پتروشیمی وارد محیط می‌شود.

$$Load = (C_{out} - C_{natural}) \times V$$

آلاینده‌های شاخص پتروشیمی

مثال	گروه
COD, BOD	آلی
NH ₃ , NO ₃	نیتروژنی
BTX، فنول	شیمیایی خاص
Ni, Cr, Zn	فلزی
دمای پساب (غیرمستقیم)	حرارتی

نکته بسیار مهم: در پتروشیمی، **Load** نتیجه طراحی فرایند است، نه فقط تصفیه‌خانه

C_{max} (حد مجاز قانونی) – زبان قانون

• مقدار مجاز آلاینده در آب پذیرنده





هندبوك دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

منبع:

- سازمان حفاظت محیط زیست
- مجوز تخلیه
- الزامات مشتریان خارجی

مثال:

$$\text{COD} \leq 60 \text{ mg/L}$$

$$\text{NH}_3 \leq 10 \text{ mg/L}$$

$$\text{Phenol} \leq 1 \text{ mg/L}$$

پیام مدیریتی: هرچه استاندارد سخت گیرانه تر WF^{grey} → بزرگ تر

ظرفیت واقعی طبیعت – $C_{\text{natu}}^{\text{ral}}$

غلظت طبیعی آلاینده در آب پذیرنده قبل از تخلیه پساب پتروشیمی

• در خلیج فارس؟ → صفر نیست

• در رودخانه صنعتی؟ → ممکن است بالا باشد

نکته حیاتی: اگر $C_{\text{natu}}^{\text{ral}}$ بالا باشد، ظرفیت جذب آلودگی کم است → ریسک زیست محیطی و حقوقی بالا می رود

مثال عددی واقعی (پتروشیمی)

داده فرضی / صنعتی

• دبی پساب: $1,000 \text{ m}^3/\text{day}$

• COD خروجی: 120 mg/L

• COD طبیعی آب: 10 mg/L

• حد مجاز COD: 60 mg/L

گام ۱: محاسبه Load

$$\begin{aligned} \text{Load} &= (120 - 10) \times 1,000 = 110,000 \text{ mg/L} \cdot \text{m}^3 \\ &= 110 \text{ kg COD/day} \end{aligned}$$





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

گام ۲: محاسبه WF^{grey}

$$WF_{grey} = \frac{110,000,000}{60 - 10} = 2,200,000 \text{ L/day}$$

$$WF_{grey} = 2,200 \text{ m}^3/\text{day}$$

تفسیر مدیریتی برای پتروشیمی

فقط به خاطر COD، سایت پتروشیمی روزانه ۲۲۰۰ مترمکعب ظرفیت آب را اشغال کرده است.

حتی اگر آب بازیافت شود، برداشت جدیدی نداشته باشیم. **آلودگی = مصرف آب پنهان**

نسبت WF^{grey} با تصمیم‌های کلیدی پتروشیمی

اثر روی WF^{grey}	تصمیم
بسیار زیاد	بهبود فرایند
متوسط	ارتقاء تصفیه‌خانه
پایدار	آموزش اپراتورها
استراتژیک	تغییر خوراک
فریبنده	فقط افزایش دبی رقیق‌سازی

« تصفیه‌خانه آخر خط است؛ WF^{grey} در فرایند تولید ساخته می‌شود. »

اتصال مستقیم به نسل چهارم مدیریت سبز

در نسل چهارم:

• $KPI = WF^{grey}$ / استراتژیک

• زبان مشترک بین:

- تولید
- HSE
- مدیریت
- صادرات
- ریسک اقلیمی

سؤال حرفه‌ای. اگر با اصلاح فرایند، COD خروجی از ۱۲۰ به ۸۰ mg/L برسد، WF^{grey} چند درصد کاهش می‌یابد؟



منطق گزارش دهی محاسبه رد پای آب

۱) منطق گزارش دهی محاسبه رد پای آب (Blue WF) بر مبنای پرسشنامه

۱-۱ هدف گزارش

• محاسبه و گزارش رد پای آب آبی (Blue Water Footprint) برای:

- سازمان / سایت
- یا محصول/فرایند منتخب

• دوره گزارش دهی: سالانه (طبق پرسشنامه)

۲-۱ تعریف ها (برای صفحه اول گزارش)

• Blue WF (مصرف واقعی آب آبی): بخشی از آب سطحی/زیرزمینی که واقعاً مصرف می شود (تبخیر، ورود به محصول، انتقال به جایی دیگر، یا برگشت ناپذیر شدن).

• برداشت آب $\neq$ (Withdrawal) مصرف آب (Consumption)

- برداشت: کل آب ورودی
- مصرف: قسمت غیرقابل بازگشت به همان حوضه در همان بازه زمانی

۳-۱ دامنه و مرز سیستم (Scope/Boundary)

در گزارش حتماً مشخص کنید:

- سازمانی (کل سایت) یا محصولی (به ازای ۱ تن/۱ عدد محصول)
- مرز فرایندی: از ورود آب به سایت تا خروج پساب/تبخیر/پسماند
- مکان: شهر/حوضه (برای تحلیل ریسک آبی)

۲) ساختار گزارش (قالب پیشنهادی ۸ بخشی)

بخش صفر: شناسنامه گزارش

- نام سازمان/سایت
- دوره گزارش (مثلاً ۲۰۲۵)
- مسئول گردآوری داده





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

• نسخه گزارش

بخش ۱: معرفی فعالیت و فرایندها (A)

همان بخش A پرسشنامه: شرح کوتاه کسب و کار، محصولات، مراحل اصلی تولید

بخش ۲: سبد محصول و مقدار تولید (B-1)

جدول محصول/مقدار/واحد

بخش ۳: منابع تأمین آب و برداشت سالانه (B-2 و B-3)

- آب شبکه (Fresh water)
- آب چاه (Groundwater)
- آب باران (اگر جمع آوری شود)

بخش ۴: ذخیره سازی و انتقال داخلی + تبخیر (B-4 و B-5)

- مخازن (ظرفیت، سطح آزاد، برآورد تبخیر اگر هست)
- کانال روباز (اگر وجود دارد)

بخش ۵: مصرف آب به تفکیک گام های تولید (B-6)

این بخش «قلب» گزارش است: جدول مرحله/مصرف/واحد

بخش ۶: باز چرخانی/استفاده مجدد (B-7)

- کجا reuse می شود؟
- مقدار reuse چقدر است؟

بخش ۷: فاضلاب، تصفیه، دفع یا reuse (B-8)

- WW inlet/outlet
- discharge به فاضلاب شهری یا آبراهه
- reuse پساب تصفیه شده
- make-up water

بخش ۸: محاسبات، تراز جرمی، KPI و نتیجه گیری

8.1 تراز آب سالانه (Mass Balance)





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب
قاعده کنترل کیفیت:

تغییر موجودی مخازن $\pm$ کل خروجی (پساب + تبخیر + آب در محصول/پسماند + تلفات) $\approx$ کل ورودی آب

8.2 فرمول Blue WF (سازمانی)

WF_{blue} = انتقال خارج از حوضه + تلفات برگشت ناپذیر + آب در محصول/پسماند + تبخیر = مصرف واقعی

8.3 شاخص های کلیدی (KPI)

- m^3/ton محصول یا L/unit
- سهم هر مرحله از مصرف کل (%)
- درصد reuse از کل آب مصرفی/برداشت

8.4 نتیجه و پروژه های بهبود

- Top 3 Hotspots
- پروژه های بهبود (سیستمی/فناوری/انسانی)

۳) انجام: نمونه گزارش تکمیل شده (Demo) مطابق پرسشنامه

این نمونه را دقیقاً مثل خروجی واقعی تحویل دهید؛ فقط اعداد واقعی شرکت را جایگزین کنید.

3.1 معرفی شرکت (A)

- فعالیت: تولید...
- فرایندهای اصلی: ... (مثلاً شست و شو/پیش تصفیه/رنگ/مونتاژ/تست)
- محصولات اصلی: ...



هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

3.2 محصولات و تولید سالانه (B-1)

Product	Quantity	Unit
Product A	50,000	unit
Product B	2,400	ton

3.3 منابع آب و برداشت سالانه (B-2)

Water source	Consumption	Unit
Fresh water (utility)	240,000	m ³ /y
Groundwater (wells)	60,000	m ³ /y

3.4 آب باران (B-3)

Water source	Consumption	Unit
Rainfall collected	0	m ³ /y

3.5 ذخیره سازی (B-4)

- مخازن ذخیره: ۲ مخزن $500 \times m^3$
- تبخیر از مخازن: ناچیز/برآورد نشده (در صورت سطح باز، برآورد وارد شود)

3.6 انتقال داخلی (B-5)

- کانال روباز: ندارد
- تبخیر انتقال: ۰

3.7 مصرف آب به تفکیک گام تولید (B-6)

Production step	Water consumption	Unit
Cooling tower make-up	180,000	m ³ /y
Boiler/steam	35,000	m ³ /y
Washing / rinsing	40,000	m ³ /y
Sanitary / services	12,000	m ³ /y
Lab / misc	3,000	m ³ /y



هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

3.8 استفاده مجدد (B-7)

Production step	Reused water	Unit
Rinsing stage 1	25,000	m ³ /y
Utility cleaning	5,000	m ³ /y

3.9 فاضلاب و تصفیه (B-8)

• نوع تصفیه: فیزیکی-شیمیایی + بیولوژیک (نمونه)

Waste water	Quantity	Unit
Waste water (inlet)	150,000	m ³ /y
Treated water (outlet)	140,000	m ³ /y
Reused water	30,000	m ³ /y
Disposed water (discharge)	110,000	m ³ /y
Make-up water	240,000	m ³ /y

۴) صفحه محاسبات نهایی (Blue WF + KPI)

4.1 محاسبه مصرف واقعی (نمونه)

فرض‌های نمونه (برای تکمیل گزارش):

- تبخیر برج خنک‌کننده: ۱۲۰,۰۰۰ m³/y
- تلفات/نشستی برگشت‌ناپذیر: ۱۰,۰۰۰ m³/y
- آب در محصول/پسماند: ۰ (اگر وجود دارد وارد شود)

پس:

$$WF_{blue} = 120,000 + 10,000 = 130,000 \text{ m}^3/\text{y}$$

4.2 شاخص عملکرد

اگر تولید محصول A = 50,000 واحد باشد:

$$WF_{blue,unit} = \frac{130,000}{50,000} = 2.6 \text{ m}^3/\text{unit}$$

بنیاد توانمندسازی منابع انسانی ایران





هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

4.3 نمودار/خروجی مدیریتی (در گزارش)

- (Hotspot: Cooling تبخیر)
- اولویت پروژه: کاهش تبخیر/بهینه سازی CT، افزایش چرخه تغلیظ، کنترل نشتی ها
- ۴) چک لیست کنترل کیفیت داده (بسیار مهم برای اعتبار گزارش)

طبق منطق پرسشنامه :

۱. واحدها یکسان؟ ($m^3/year$)
۲. منابع آب با قبوض/کنتور قابل ردیابی؟
۳. تراز آب: اختلاف کمتر از ۵-۱۰٪؟
۴. reuse دوباره به عنوان برداشت حساب نشده باشد (دوباره شماری نشود).
۵. اگر تبخیر/کانال روباز دارید: روش برآورد ذکر شود.

جمع بندی :

- ردپای آب ابزار حکمرانی منابع است. پلی بین محیط زیست، اقتصاد و صادرات و قلب نسل چهارم دانش مدیریت و مهندسی سبز



مطالعه موردی محاسبه ردپای آب

Water Footprint Calculation Case Study

به شرکت تولید مواد غذایی ما خوش آمدید ما شرکت تولید کننده مواد لبنی هستیم. در یک شیفت کاری با ۱۶۴ نفر پرسنل در هر ماه ۴۰۰ تن پنیر تولید می کنیم. این پنیرها در تنوع گوناگونی تولید می گردند. به جهت سلیقه بازار، عمده ترین نوع محصول ما پنیر سفید است.



شرکت ما در مازندران- شهر ساری واقع شده است. قابل ذکر است که کلیه فرایندهای تولید تا بسته بندی و فروش در خود کارخانه انجام می پذیرد.



هندبوك دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

فرایندهای اصلی تولید در شرکت ما

قابل دسته بندی به ۱۰ اقدام ذیل است.

فرآیند تولید پنیر شامل:

۱. استاندارد کردن شیر. در این مرحله شیر را تحت سانتریفیوژ قرار می دهند. این مرحله به طور کلی نسبت پروتئین و چربی شیر را برای تولید پنیر با کیفیت برتر بهینه می کند.
۲. فرآیند حرارتی (پاستوریزاسیون). بسته به نوع پنیر مورد نظر، شیر ممکن است پاستوریزه شود یا با حرارت ملایم تیمار شود. در نتیجه تعداد ارگانیسم های فساد زا کاهش یافته و محیط برای رشد استارتر های اولیه بهبود می یابد.
۳. خنک کردن شیر. شیر پس از پاستوریزاسیون یا عملیات حرارتی تا ۳۲ درجه سانتیگراد سرد می شود. از این رو شیر به دمای مورد نیاز برای رشد باکتری های استارتر برسد. در صورت استفاده از شیر خام، شیر باید تا ۳۲ درجه سانتی گراد گرم شود.
۴. تلقیح کشت باکتری استارتر و جانبی: استارترها و هر گونه باکتری کمکی غیر استارتر به شیر اضافه می شود. پس از افزودن استارتر آن را به مدت ۳۰ دقیقه روی حرارت (۹۰ درجه فارنهایت) قرار دهید تا رسیده شود. مرحله رسیدن باعث رشد باکتری ها برای شروع فرایند تخمیر می شود. شیر باید عاری از هر گونه آنتی بیوتیک باشد تا باکتری ها بتوانند تخمیر را انجام دهند. آنتی بیوتیک ها ممکن است باعث کند شدن رشد استارتر و تولید اسید شوند. این امر سبب تولید پنیر با کیفیت پایین تر می گردد.
۵. افزودن رنت و تشکیل دلمه (لخته). مایه پنیر آنزیمی است که روی پروتئین های شیر عمل کرده و دلمه را تشکیل می دهد. این ماده کارژین کلئیدی را به پاراکازژین نامحلول و پپتید غنی از کربوهیدرات منعقد می کند. پس از افزودن رنت شیر را حدود ۳۰ دقیقه بدون مزاحمت رها کنید تا دلمه سفت شود. منابع جایگزین آنزیم مایه پنیر ترکیبی از رنین و پپسین، منعقد کننده های قارچی می باشند.



۶. برش دلمه. این مرحله اجازه می دهد تا دلمه تخمیر شود و به (۶.۴) pH برسد. سپس، دلمه را با یک دستگاه برش پنیر به مکعب های کوچک تقسیم کنید. این مرحله اجازه می دهد تا آب پنیر به راحتی از دلمه جدا شود. دلمه در اندازه مکعب های کوچک پنیر با رطوبت کم تولید می کند. در حالی که مکعب های بزرگ پنیر با رطوبت بالا تولید می کند.

هندبوك دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

۷. **افزودن نمک.** این فرآیندی است که در آن نمک به عنوان یک تثبیت کننده عمل می کند و عمر مفید پنیر را افزایش می دهد. می توان نمک را روی دلمه پاشید یا پنیر تازه تهیه شده را در محلول نمک آغشته کرد.

۸. قالب دهی پنیر

۹. **ذخیره سازی و رسیدن پنیر.** پنیر را در مکان خشک و خنک، تحت کنترل دما و رطوبت تا رسیدگی موردنظر دلخواه نگهداری کنید. مدت رسیدن پنیر از چند ماه تا چند سال متفاوت است. این مرحله به تغییرات آزمایشی در بخش پروتئین و چربی پنیر اجازه می دهد که به ایجاد طعم، عطر، بافت و غیره کمک کند.

۱۰. بسته بندی.

بنابر ضرورت بازار و اهداف راهبردی شرکت، مدیران عالی تصمیم دارند تا مزیت های رقابتی نوینی برای محصول پنیر خود ایجاد نمایند. مطالعات کارشناسان بازاریابی نشان از این امر دارد که می توان رویکرد زیست محیطی را به مزیت برای محصولات شرکت بدل نمود. در همین راستا از شما کارشناس دانش سبز دعوت شده تا در ایجاد مزیت رقابتی سبز به ما کمک نمایید.



بررسی اولیه در شرکت ما عطف به سخنرانی مدیر محترم عامل:

"ای کاش می شد برای همه واحدهای کاری کنتور مستقلاً را داشتیم و می فهمیدیم که حجم مصرف آب در واحدها یا فرایندهای گوناگون چقدر است و نسبت آنان چگونه است؟ بعنوان مثال واحد تولید، واحد اداری و ... به چه میزانی مصرف می کنند؟ همیشه اطلاعات ما از مصرف یک رقم و آن هم بزرگ است؟"

هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

با همه این واقعیتی که در شرکت ما حاکم است، بطور هفتگی حدود ۲۰۰ متر مکعب آب از باران های شهر ساری در مخازنی که زیر شیرانی ها قرار گرفته است جمعآوری می گردد. همانگونه که از تصاویر مشخص است حجم آب تبخیر شده بسیار محدود است. حدود ۳ درصد از این آب تبخیر می گردد.



در این مسیر قابل ذکر است که یک استخر نیز پیش بینی شده است که ۴۰۰۰ لیتر ظرفیت دارد و آب ذخیره می گردد. همکاران HSE معتقدند که ۱۲ درصد از این آب در طول ماه تبخیر می شوند.



همانگونه که توضیح داده شده ما صرفاً یک کنتور در کارخانه داریم. اما اطلاعات همکاران نشان میدهد که در فرایندهای ۱۰ گانه میزان آب به متر مکعب بطور تقریبی به ازای هر ماه به ترتیب ذیل است.



هندبوك دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

اطلاعات جانبی دریافت شده از واحد تصفیه خانه:

- فاضلاب (ورودی). ۴۶ درصد از آب کنتور ثبت شده وارد تصفیه خانه می شود.
- آب تصفیه شده (خروجی). تمام آب وارد شده به تصفیه خانه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست و شرکت معتمد کنترل می شود
- آب مورد استفاده مجدد آب تصفیه شده در فضای سبز و خنک کاری استفاده می شود.
- آب دفع شده. صادقانه تلاش می شود که فاضلاب دفع نشود. اما در هنگام تعمیرات و سرویس (۶ ماه) مجبور به دفع کل فاضلاب می شویم.
- Make up water (منظور آبی است که برای جبران به ویژه به دیگ بخار متاثر از تبخیر اضافه می شود). حدود ۴۰۰ لیتر در روز

فرایند	نوع آب	میزان مصرف	میزان اتلاف	میزان تبخیر	برگشت به تولید / درصد
۱	استاندارد کردن شیر	شهری	۵۰۰۰	۱۵۰ لیتر	۲۰
۲	فرآیند حرارتی	باران ذخیره شده	۳۰۰۰	۸۵ لیتر	۵
۳	خنک کردن شیر	شهری	۲۱۰۰	۳۰۰ لیتر	۷۶
۴	تلقیح کشت باکتری استارتر و جانبی	شهری	۱۰۲۰	۵۰۰	۲
۵	افزودن رنت و تشکیل دلمه	شهری	۶۵۰	۵۰۰	۵۵
۶	برش دلمه	شهری	۷۰	۷۰	۰
۷	افزودن نمک	شهری	-	-	۰
۸	قالب دهی پنیر	شهری	۹۳۰	۷۵ لیتر	۴۳
۹	ذخیره سازی و رسیدن پنیر	شهری	۳۲۰	۶ لیتر	۱۰
۱۰	بسته بندی	-	-	-	-
فرایندهای غیر تولیدی مصرف کننده آب					
۱۱	ستاد	آبدارخانه	۵۰۰	۲۵۰	۱۵
			۹۵۰	۹۵۰	
۱۲	آشپزخانه	سرویس های بهداشتی	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۴۵
		شستشو	۱۸۰۰	۱۰۰۰	
۱۳	دوش خط تولید	باران ذخیره شده	۴۳۰۰	۴۳۰۰	۳۰





هندبوك دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط‌زیست محاسبه ردپای آب

فرایند محاسبه ردپای آب

در کمیته "ردپای آب" که متشکل از مدیر HSE / محیط‌زیست، تولید، فنی و مهندسی، تعمیرات و نگهداری، بهره برداری است، ستاد است تصمیم بر آن شد تا ردپای آب محاسبه و گزارش دهی صورت پذیرد.

- ۱- محاسبه ردپای آب در محصولات
- ۲- محاسبه ردپای آب در فرایندها
- ۳- محاسبه ردپای آب در کسب و کار (شرکت)

اقدامات تعریف شده برای محاسبه ردپای آب در فرایندها:

بخش اول	
۱- شناسایی فرایندها	
۲- اولویت بندی فرایندها بر مبنای میزان مصرف آب	
بخش دوم	
۳- تعیین دامنه	
۴- ترسیم فرایند انتخاب شده	
۵- تخمین میزان آب مصرف شده-تلف شده و تبخیر شده	
بخش سوم	بخش چهارم
۶- تعیین نوع آب	۷- تدوین برنامه راهبردی مدیریت آب

در همین راستا خواهشمند است:

- ۱- روش انجام کار با جزئیات کامل
- ۲- نتایج مورد انتظار
- ۳- برنامه راهبردی مدیریت آب
- ۴- برنامه عملیاتی
- ۵- برنامه فرهنگ سازی و توسعه منابع انسانی سبز

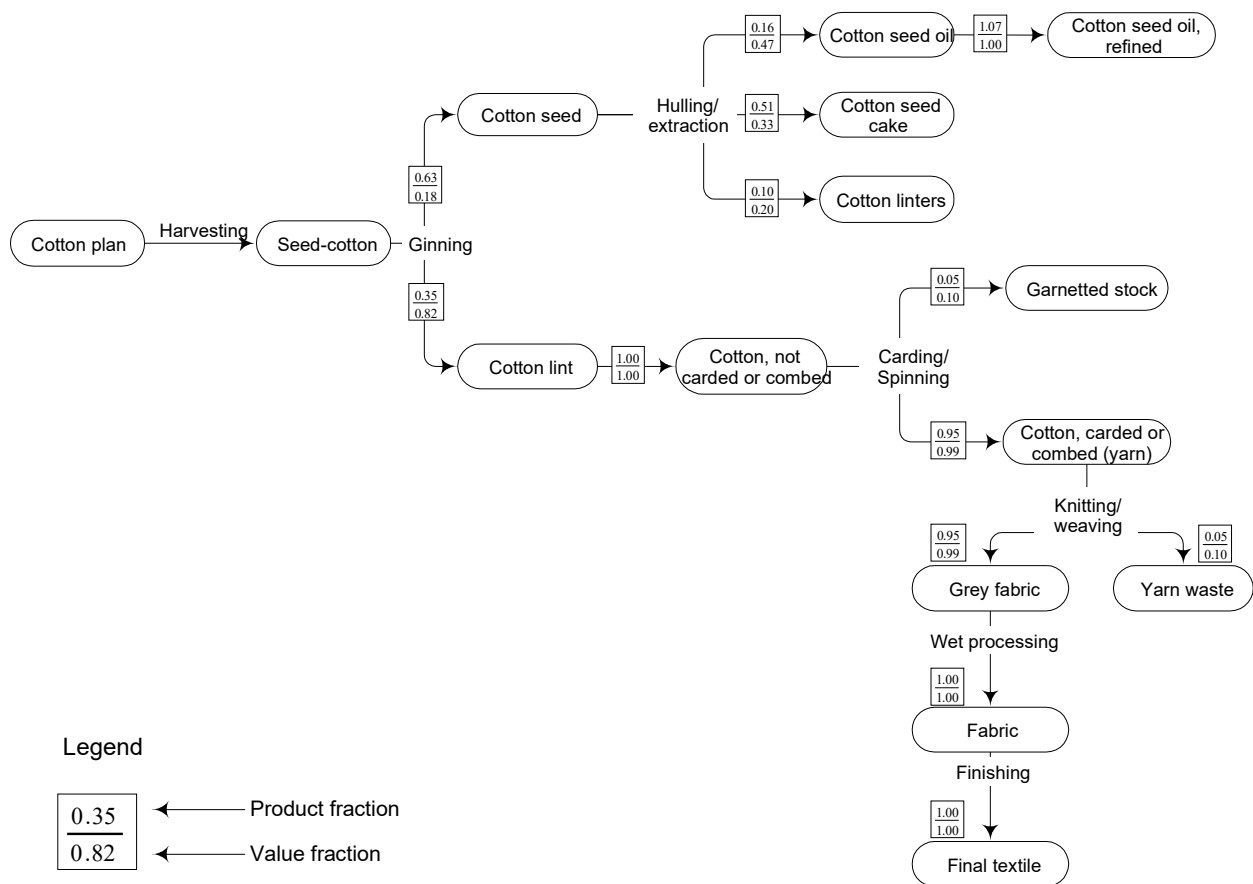
در دفتر کار مدیریت محترم عامل با حضور مدیران ارشد به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه ارائه نمایید. قابل ذکر است که گواهینامه حسن انجام کار بر این گزارش وابسته است.



هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

توضیحات تکمیلی:

۱- ترسیم جریان حرکت و مصرف آب همانند مثال ذیل:



۲- گزارش دهی با منطق ذیل صورت پذیرد:

Content

1 Water Footprint Analysis.....	
2 Background	
3 Detailed Calculations	
4 Summary	

Questionnaire for calculating H₂O Footprint

The following questionnaire aims to analyse the Blue Water Footprint of the production process. Please, provide detailed and accurate data.

A – Give a brief description of the company’s activities, main production processes and the main products.

B – Provide all the information on a yearly basis

1 – Indicate the different products and the production quantities.

Product	Quantity	Units



هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

2 – How is water provided to your company? Indicate the consumptions.

Water source	Consumption	Units
Fresh water		
Groundwater		

Fresh water refers to water provided by the water utility company while ground water refers to water extracted from wells inside the perimeters of the company.

3 – If the case, indicate if rainfall is collected and used for process purposes.

Water source	Consumption	Units
Rainfall		

4 – How water is stored in the facility? Indicate if storage tanks (capacity) are present and if water evaporation occurs during the storage. If known, indicate the evaporated quantities.

5 – How water is transported in the facility? Indicate if there are open canals (size, length and average flow) and if water evaporation occurs during the transport. If known, indicate the evaporated quantities.

6 – Indicate the amount of water consumed in each production step.

Production step	Water consumption	Units



هندبوک دانش سبز ۲۰۲۵ بخش اول فنون ترجمه اقتصاد سازمان به زبان محیط زیست محاسبه ردپای آب

7 – Is water reused in the process? Indicate in which production steps and the reused quantities.

Production step	Reused water	Units

8 – How waste water is disposed? Indicate if there is a waste water treatment (type and capacity) in the facility and what happens with the treated water afterwards (reused, discharged to sewage or water stream, etc.)

Waste water	Quantity	Units
Waste water (inlet)		
Treated water (outlet)		
Reused water		
Disposed water		
Make-up water		

یادداشت برداری:

