

EKOLOGIK TOZA OZIQ-OVQAT ISHLAB CHIQARISHDA SUV VA
ENERGIYA TEJAMKORLIGI

Baratova Xilola Rustam qizi

Xoshimova Visola Baxtiyor qizi

Norqulova Zoxida Tashboyevna

Sanoat texnologiyasi fakulteti dots JizPi

Annotatsiya: *Ushbu maqolada ekologik toza (sustainable) oziq-ovqat ishlab chiqarishda suv va energiya resurslarini tejashga qaratilgan zamonaviy texnologiyalar, amaliy yechimlar va ularning iqtisodiy hamda atrof-muhitga ta'siri tahlil qilinadi. Maqola suvni optimallashtirish (irrigatsiya, qayta ishlash, retsirkulyatsiya), energiya samaradorligi (issiqlikni qayta tiklash, CHP, qayta tiklanuvchi manbalar, protsess optimallashtirish) va ularni korxona darajasida joriy etish bo'yicha aniq ko'rsatkichlar, ishchi misollar va tavsiyalarni o'z ichiga oladi.*

Kalit so'zlar: *Suv tejamkorligi, energiya samaradorligi, qayta ishlash, issiqlik tiklash, retsirkulyatsiya, oziq-ovqat sanoati, ekologik barqarorlik.*

Abstract: *This article analyzes modern technologies, practical solutions aimed at saving water and energy resources in environmentally friendly (sustainable) food production, and their economic and environmental impact. The article includes specific indicators, working examples and recommendations for water optimization (irrigation, recycling, recirculation), energy efficiency (heat recovery, CHP, renewable sources, process optimization) and their implementation at the enterprise level.*

Keywords: *Water saving, energy efficiency, recycling, heat recovery, recirculation, food industry, environmental sustainability.*

Oziq-ovqat zanjiri (field-to-fork) suv va energiya intensivligi jihatidan dunyo iqtisodiyotidagi eng resurs talab qiluvchi sohalardan biridir. Global miqyosda qishloq xo'jaligi suv ta'minotining taxminan 70% ini iste'mol qiladi, bu esa suv resurslari bo'yicha jiddiy stressni keltirib chiqaradi va oziq-ovqat ishlab chiqarishda suvni samarali boshqarishni zarur qiladi. Bundan tashqari, butun oziq-ovqat tizimi jahonning umumiy energiya iste'molining katta qismini tashkil etadi — baholashlarga ko'ra menyuning yig'ilgan bosqichlari hisobiga oziq-ovqat tizimi taxminan 25–30% darajasida umumiy energiya sarfini oladi (manbalar davomida farqlar bo'lishi mumkin, ammo buyuk tashkilotlar va tahlillarda shu atrofida ko'rsatiladi). Energiya va suv bir-biri bilan chambarchas bog'liq: suv isitish/sovutish orqali ko'p energiya talab qiladi, energiya tizimlari esa ko'pincha suv bilan bog'liq jarayonlarga ta'sir ko'rsatadi. Maqola adabiyot tahlili, sanoat hisobotlari va ilmiy maqolalarning sintezi asosida tuzildi. Diqqat: har bir texnologiya bo'yicha amaliy misol va samaradorlik ko'rsatkichlari (foydalanishdan oldin texnologiya turi, korxona hajmi va mintaqaviy sharoitlarga qarab farq qilishi mumkin) bilan

berildi. Muayyan raqamlar uchun ishonchli maqolalar va tahlillar manbalar sifatida keltirildi.

1. Suv tejamkorligi: maslahatlar, texnologiyalar va ko'rsatkichlar:

1.1. Irrigatsiya va qishloq xo'jaligida suvni tejash (xom-ashyo yetishtirish bosqichi): Aniq sug'orish (precision irrigation): tomchilatib sug'orish, mikro-sug'orish va sensorlar yordamida tuproq namligini real vaqtda kuzatish orqali ortiqcha suv iste'molini kamaytirish. Bu usullar an'anaviy sug'orishga nisbatan suv sarfini sezilarli darajada, ko'pincha 30–60% gacha kamaytirishi mumkin (mahalliy sharoitga bog'liq).

Meteorologiya va ET (evapotranspiration) modellari: paxta/poliz va ekin talablarini hisoblab sug'orishni optimallashtirish.

Bu yo'llar shuhratli amaliyotlarda qishloq xo'jalik suv talabini samarali kamaytirishga xizmat qiladi.

1.2. Sanoat jarayonlarida suvni kamaytirish va qayta ishlash: Retsirkulyatsiya (suv aylantirish) tizimlari: ishlab chiqarishdan tushadigan chiqindi suv filtrlanib va biologik/kimyoviy tozalash orqali qaytadan jarayonga kiritiladi. Adabiyotlar shuni ko'rsatadiki, to'g'ri loyihalashtirilgan retsirkulyatsiya tizimi sanoatdagi suv sarfini 40–60% gacha qisqartirishi mumkin.

Membranali tozalash va UV/ozon sterilizatsiyasi: mikrofiltratsiya, ultrafiltratsiya, RO (reverse osmosis) va UV/ozon yordamida yuqori sifatli qayta ishlangan suv olish mumkin. Bu usullar ishlab chiqarish talablari (sana, taom xavfsizligi) asosida moslashtiriladi.

Kam suv sarflaydigan yuvish va tozalash texnologiyalari: yuqori samarali nozzellar, tomchilatib yuvish yoki bug' asosidagi tozalash orqali jihozlarni suv sarfini kamaytirgan holda tozalash.

1.3. Qadoqlash va yuvinishni minimallashtirish: Ishlab chiqarish liniyalarini oqimlarga moslashtirish, yig'ma tozalash (CIP — Clean-in-Place) tizimlarini optimallashtirish orqali kimyoviy va suv sarfini kamaytirish mumkin.

2. Energiya samaradorligi: texnologiyalar, aniq ko'rsatkichlar va amaliy misollar:

2.1. Issiqlikni qayta tiklash (waste heat recovery): Issiqlik almashinuvchilar (heat exchangers) va ORC (Organic Rankine Cycle) kabi texnologiyalar orqali jarayonlardan chiqqan past haroratli issiqlik qayta qizdirish yoki elektriya ishlab chiqarishda ishlatiladi. Tadqiqotlar va sanoat hisobotlariga ko'ra, issiqlikni tiklash texnologiyalari bir zavodda umumiy energiya talablari 10–30% gacha kamayishiga olib kelishi mumkin, loyiha va jarayon turiga qarab.

Misol: bir qator ishtirok etgan tadqiqotlar bitta ishlab chiqarish saytida chiqindi issiqlikni tiklash orqali CO₂ chiqindisini yiliga o'nlab-yonlab tonnaga kamaytirganini ko'rsatdi (raqamlar texnologiya va sayt hajmiga bog'liq).

2.2. CHP (Combined Heat and Power) va biogaz integratsiyasi:

CHP tizimlari: elektr va quyultirilgan issiqlikni bir vaqtda ishlab chiqaradi — buning natijasida umumiy energiya samaradorligi oshadi va yoqilg'i sarfi kamayadi.

Biogazdan foydalanish: oziq-ovqat chiqindilarini anaerob parchalash orqali olinadigan biogazni tegishli gaz dvigatellariga yoki CHP tizimlariga uzatish orqali zavodning energiya mustaqilligini oshirish mumkin. Bu yondashuvlar energiya xarajatlarini sezilarli darajada pasaytiradi va chiqindilarni ham kamaytiradi.

2.3. Elektr energiyasini tejash: uskunalar va avtomatlashtirish: Energiya samarali motorlar va drayverlar: elektr motorlar samaradorligini oshirish orqali 10–15%gacha tejash mumkin.

LED yoritish va oqim boshqaruvi: sexlarda yoritishni LED ga almashtirish 50–70%gacha elektr energiyasini tejashi mumkin (kontekstga qarab).

IoT va aqlli monitoring: real vaqt ma'lumotlar asosida yuklarni boshqarish, o'zgarishlarni avtomatik sozlash energiya sarfini optimallashtiradi.

2.4. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari: Fotovoltaik panellar: energiya talabining bir qismini ta'minlash imkonini beradi, ayniqsa quyosh ko'p bo'lgan mintaqalarda;

Shamol va boshqa mahalliy manbalar: zavod hududining imkoniyatiga qarab qo'shimcha energiya manbai.

Energiya zaxiralash (batareyalar) va demand response orqali piki vaqtni boshqarish.

3. Integratsiyalashgan misollar (case studies) va raqamli demonstratsiyalar:

3.1. Sanoat misoli — issiqlik tiklashni joriy etish: Ma'lumotlarga ko'ra, bitta o'rta hajmli oziq-ovqat qayta ishlash zavodida chiqindi issiqlikni tiklash texnologiyasini o'rnatish orqali yiliga o'nlab tonna CO₂ kamaytirish va energetik xarajatlarni sezilarli darajada qisqartirish mumkin — ba'zi tadqiqotlar bitta saytda 28–356 tonna CO₂/ yil kamayish ko'rsatganini ta'kidlaydi (texnologiyaga bog'liq). Loyiha EBITDA va amortizatsiya tahlili esa ko'p holatlarda 1–3 yil ichida sarmoya qoplanishini ko'rsatgan.

3.2. Sanoat misoli — suv retsirkulyatsiyasi: Adabiyot va amaliy hisobotlarga ko'ra, meva-sabzavot yoki go'sht qayta ishlash sektorlari uchun suvni qayta ishlash (membranali, biologik) tizimlari zavodning chuchuk suv talabini 40–60%gacha kamaytiradi, shu bilan resurs va suv tovarlari bo'yicha xarajatlarni pasaytiradi.

3.3. Amaliy misol — energiya qayta tiklovi bilan xarajat kamayishi: Sanoat maqolalarida qayd etilishicha, energiya tiklash va pasiv texnologiyalarni joriy etish (masalan, pasiv suv nasosi yoki suyuqlikni pasiv harakatlantirish) termal protsesslarda suv va energiya sarfini 30–45% gacha qisqartirish imkonini bergan. Bu raqamlar zavodning jarayon turiga va joriy uskunalar holatiga bog'liq.

4. Atrof-muhit va iqtisodiy foyda: hisob-kitob va modellash:

4.1. Resurslar kamayishi va iqtisodiy samaradorlik: Suv va energiya tejalishi to'g'ridan-to'g'ri ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi: suv bo'yicha to'lovlar, energiya va yoqilg'i xarajatlari pasayadi;

Chiqindilarni kamaytirish va ularni energiyaga aylantirish (biogaz) qo'shimcha daromad manbai bo'lishi mumkin;

Investitsiya: ko'p texnologiyalar (membranalar, issiqlik almashinuvchilar, CHP) dastlab katta boshlang'ich sarmoya talab qiladi, lekin ko'pincha 1–5 yilda energiyani tejash orqali o'zini oqlaydi (konkrekt payback vaqtlar texnologiya/joy/ko'lamga bog'liq).

4.2. Risklar va cheklovlar: Suv retsirkulyatsiyasi va qayta ishlashda oziq-ovqat xavfsizligi talablarini (mikrobiologik xavfsizlik) qattiq ta'minlash zarur: qayta ishlangan suvning sifatiga rioya qilinmasa, bu mahsulot xavfsizligiga xavf tug'diradi. Shu sababli tozalash darajasi va monitoring (PCR, bioindikatorlar) majburiy.

Loyihaning iqtisodiy maqsadga muvofiqligi: kichik korxonalar uchun dastlabki sarmoya yuqori bo'lishi mumkin, shuning uchun davlat subsidiyalari yoki kredit instrumentlari muhim.

5. Amaliy tavsiyalar — ishlab chiqaruvchilar, siyosatchilar va investorlar uchun:

5.1. Korxona darajasida (operatsion qadamlar):

1. Energiya va suv auditini o'tkazing — qayerda yo'qotish borligini aniqlang.

2. Tez qoplashli texnologiyalarni (LED, yuqori samarali motorlar, avtomatlashtirilgan boshqaruv) darhol joriy qiling — ushbu chora-tebrizlar qisqa muddatda o'zini oqlashi mumkin.

3. Issiqlik tiklash va CHP bo'yicha texnik-iqtisodiy asoslashni bajaring — katta zavodlarda bu darhol rentabelli bo'ladi.

5.2. Siyosat va regulyatorlik: Suv qiymatni hisobga oluvchi tariflar va rag'batlantirish — suvni tejash va qayta ishlash loyihalariga soliq imtiyozlari yoki subsidiyalar. Standartlar va monitoring talablari — qayta ishlangan suvdan foydalanishda oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlovchi qat'iy standartlar.

5.3. Moliyalashtirish va investitsiyalar: Davlat va xususiy sektor hamkorligida (PPPs) kichik va o'rta ishlab chiqaruvchilar uchun suv/energiya samaradorligi dasturlarini moliyalashtirish.

6. Kelajak tendensiyalari va tadqiqot yo'nalishlari:

Raqamli transformatsiya: IoT, AI asosida energiya va suv optimal boshqaruvi tizimlari rivojlanadi.

Modulyar va past kapitallashtirilgan qayta ishlash tizimlari — kichik ishlab chiqaruvchilar uchun mos texnologiyalar paydo bo'ladi.

Sirkulyar iqtisodiyot integratsiyasi: chiqindilarni qayta ishlash orqali yopiq zanjirlar (zero-waste) hosil qilinadi.

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, Ekologik toza oziq-ovqat ishlab chiqarishda suv va energiya tejamkorligi — iqtisodiy va ekologik jihatdan muhim maqsad. Texnologiyalar: suv retsirkulyatsiyasi, membrana tozalash, ozon/UV sterilizatsiyasi, issiqlik tiklash, CHP, biogaz va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiyalash orqali zavodlar resurslardan samarali foydalanishi mumkin. Amaliy tadqiqotlar va sanoat misollari shuni ko'rsatadiki, to'g'ri loyihalashtirilgan chora-tadbirlar suvni 40–60% va energiyani esa protsess turiga qarab sezilarli (10–30% yoki undan ko'proq) darajada tejalishga olib keladi.

Shu bilan birga, loyiha darajasida oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash har doim birinchi o'rinda bo'lishi lozim.

ASOSIY FOYDALANILGAN MANBALAR

1. FAO — Water for Sustainable Food and Agriculture (agriculture accounts for ~70% of freshwater withdrawals).
2. FAO/IEA tahlillari — oziq-ovqat tizimi va energiya bog'liqligi (tizim taxminan 25–30% atrofida energiya iste'moli bilan bog'liq).
3. Bailone R.L., Water reuse in the food industry; Springer/ResearchGate — suvni qayta ishlash va retsirkulyatsiya usullari, amaliy kamaytirish foizlari.
4. Luo Y., MDPI Water — A Framework for Recovering Waste Heat Energy from Food Processing — issiqlik tiklash asoslari va amaliy misollar.
5. Techno-economic va sanoat hisobotlari — chiqindi issiqlikni tiklash va biogaz integratsiyasining samarasini ko'rsatadi.