



# ALUM apdorojimo koncepcija



[interreg-baltic.eu/project/trust-alum](https://interreg-baltic.eu/project/trust-alum)

Interreg Baltic Sea Region 2021-2027 Programme's funded project  
«Building trust in target groups for ALUM treatment – an effective, yet  
misunderstood method for water quality improvement» (TRUST ALUM).

## 2. ALUM apdorojimo koncepcija

Ežerų valymo aliuminiu metodas jau naudojamas beveik 60 metų. Pagrindinė šio metodo esmė - į vandens nuosėdas pridedama aliuminio mineralų, kurie visam laikui suriša fosforo perteklių, kas neleidžia sukelti su eutrofikacija susijusių problemų, pavyzdžiui, dumblių žydėjimo. Fosforas dažnai per dešimtmečius susikaupia nuosėdose, nes per didelis jo kiekis patenka į ežerą. Tai vadinama istoriškai susikaupusiu fosforu. Beveik visų eutrofinių ežerų nuosėdose yra perteklinio istoriškai susikaupusio fosforo.

Svarbu paminėti, kad iš nuosėdų gali išsiskirti dviejų rūšių fosforas. Organinėse medžiagose esantis fosforas (organinis fosforas) ir fosforas, surištas su geležies ir mangano mineralais, kurie yra jautrūs deguonies kiekiui vandenyje (neorganinis fosforas).

### 2.1. Kodėl naudojame Aliuminį?

Ežerų problema yra ta, kad į juos patenka per daug fosforo dėl žmogaus veiklos už ežero ribų, pavyzdžiui, urbanizacijos, žemės ūkio ir nuotekų. Šis fosforas patenka į ežerą ir jį naudoja augalai ir dumbliai. Šie augalai žūsta ir nugula nuosėdose, kuriose kaupiasi organinės medžiagos ir fosforas. Tačiau mineralinių medžiagų geba yra nekankama, kad fosforas liktų nuosėdose, dėl to jis gali būti sugrąžintas į vandens telkinį. Taigi eutrofiniuose ežeruose nuosėdos galiausiai tampa fosforo šaltiniu.

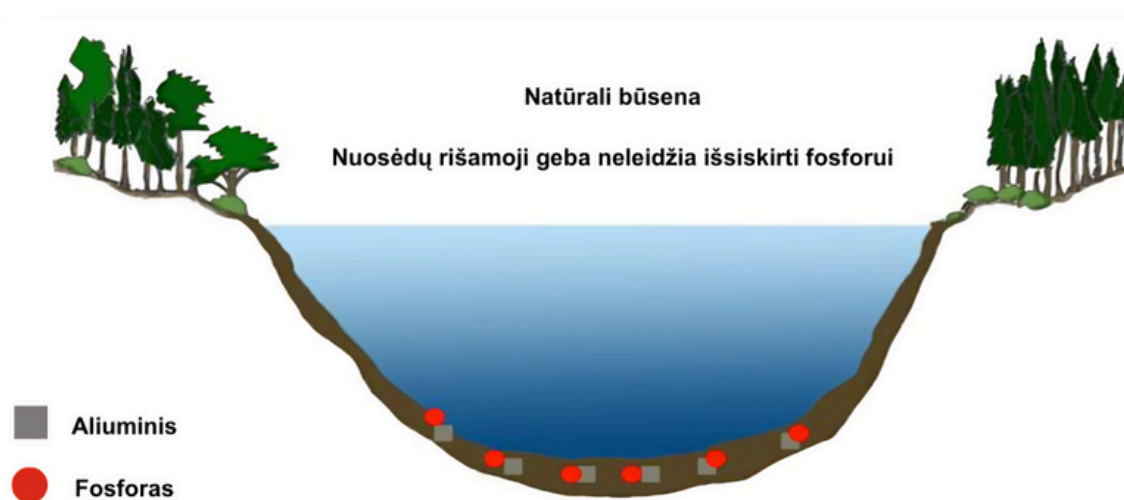
Aliuminis yra labiausiai paplitęs metalas Žemės plutoje, o aliuminio mineralų natūraliai randama dirvožemyje ir vandens nuosėdose. Į ežero nuosėdas patekęs grynas (amorfinis) aliuminio mineralas, vadinamas gipsitu ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ). Susiformavęs šis mineralas nuolat jungiasi su fosforu, maždaug 6-9 pH intervale, net jei nėra deguonies.

Anksčiau buvo naudojama geležis, kuri sudaro panašios struktūros mineralą ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ), kaip ir atliekant valymą aliuminiu. Jis yra stabilus panašiam pH intervale, tačiau, sumažėjus deguonies kiekiui nuosėdų paviršiuje, ištirpsta ir išskiria fosforą. Sumažėjus deguonies kiekiui, sumažėja redukcijos-oksidacijos potencialas, o tai iš esmės reiškia, kad bakterijos, kurdamos energiją, naudoja geležies mineralus, todėl jie keičia formą. Kadangi daugumos eutrofinių ežerų dugno vandenyje yra mažai arba visai nėra deguonies, bet koks pridėtas geležies kiekis galiausiai ištirps, jei nebus nuolatinio deguonies šaltinio.

Kalcis taip pat buvo naudojamas kai kuriuose ežeruose, tačiau optimalus kalcio ir fosforo surišimo pH intervalas paprastai yra 8 arba aukštesnis, todėl jis mažiau tinkamas daugeliui gėlavandenių ežerų, išskyrus natūraliai šarminius (aukšto pH) vandens telkinius.

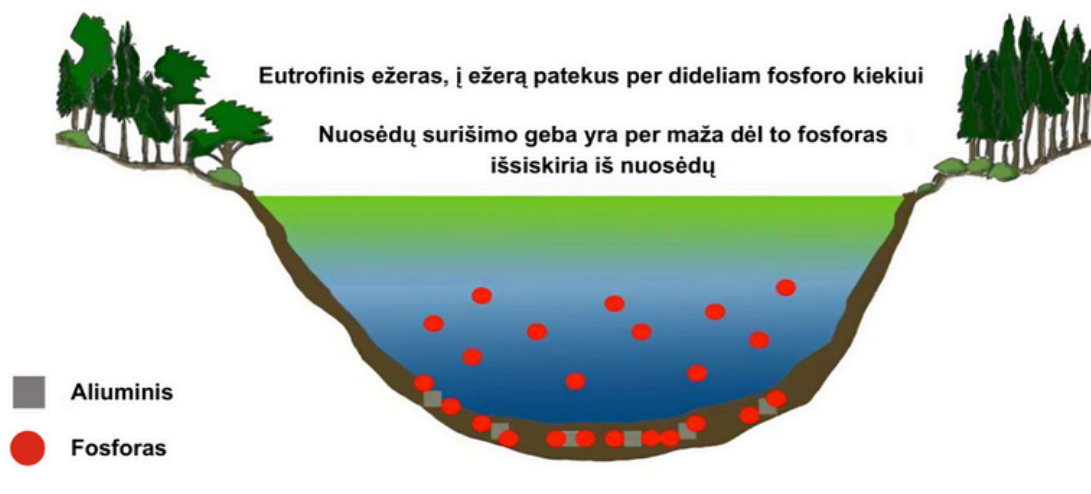
## 2.2. Kas yra valymas aliuminiu?

Naudodami aliuminį ežerų ir kitų vandens telkinių eutrofikacijai mažinti, siekiame atkurti pusiausvyrą tarp fosforo kiekio nuosėdose ir mineralų, kurie gali surišti fosforą ir išlaikyti jį nuosėdose, kiekio. Natūralių ežerų nuosėdose, į kuriuos nepatenka perteklinis maistinių medžiagų kiekis, yra pusiausvyra tarp fosforo ir jį surišančių mineralų (2.2 pav.)



**2.2 pav.** | Fosforas (P) ir aliuminis natūralaus, nepaveikto ežero nuosėdose.

Kai žmogaus veikla vykdoma aplink ežerą, jame didėja maistinių medžiagų kiekis ir ilgainiui jos pradeda kauptis nuosėdose. Tuomet maistinės medžiagos, pavyzdžiui, fosforas, pradeda išsiskirti iš nuosėdų, dažniausiai šiltuoju metų laiku, kai organinės medžiagos (fosforo turintys negyvi augalai ir dumbliai) suyra ir dugno vandenyje sumažėja deguonies kiekis. Kadangi mineralai nebegeba surišti fosforo, jis nebegali būti surenkamas ir saugojamas nuosėdose. Taip nuosėdos tampa papildomu maistinių medžiagų šaltiniu ežere (2.3 pav.), palaikančiu eutrofines sąlygas net ir tada, kai perteklinis maistinių medžiagų patekimas į ežerą sumažėja.



**2.2 pav.** | Fosforas (P) ir aliuminis ežero dugno nuosėdose ir vandenyje, į kurį patenka per didelius maistinių medžiagų kiekius.

Padidinus fosforo surišimą nuosėdose valymo aliuminiu metu, nuosėdose esantis istoriškai susikaupusio fosforo perteklius tampa visam laikui surištas ir nebegali patekti į ežero vandenį. Tokiu būdu atkuriamas pusiausvyras tarp nuosėdose esančio fosforo ir jį surišančių mineralų (2.3 pav).



**2.3 pav.** | Fosforas ir aliuminis nuosėdose po ežero valymo aliuminiu, po to kai buvo padidinta fosforo surišimo geba.

### 2.3. Ežero valymo aliuminiu raida per pastaruosius 60 metų

Kai šis metodas buvo pradėtas taikyti, skaičiavimai reikalingam aliuminio mineralų kiekiui buvo atliekami remiantis ežero šarmingumu (ežero vandens buferine talpa) arba fosforo kiekiu ežero vandenyje. Nė vienas iš šių būdų neatspindi tikrosios problemos - fosforo pertekliaus nuosėdose.

Pastaruoju metu tikslioms dozėms apskaičiuoti naudojamas potencialiai iš nuosėdų išsiskiriančio fosforo kiekis, tad valymo efektyvumas padidėjo. Tačiau reikia nepamiršti vieno svarbaus aspekto - jei maistinių medžiagų patekimas į ežerą nesumažės iki natūralaus lygio, fosforas ir toliau kaupsis nuosėdose, todėl jos vėl taps maistinių medžiagų šaltiniu ežere. Šiuo atveju nesvarbu, koku metodu bus sustabdyta vidinė fosforo apkrova, jei į ežerą patenkančio fosforo kiekis išliks didelis, vidinė fosforo apkrova vėl padidės.

Paskutinis dalykas kurį parodė naujausi tyrimai, yra tas, kad valymo sėkmei svarbus pridėto aliuminio mineralo surišimo efektyvumas. Į ežerą įpylus mineralo, jis iš karto pradeda natūraliai kristalizuotis ir surišimas sumažėja. Tai yra ilgas procesas. Tačiau jei tai įvyksta anksčiau, nei mineralinė medžiaga suriša fosforą, surišimo efektyvumas sumažėja. Tai reiškia, kad vienas aliuminio mineralo vienetas suriša mažiau fosforo. Kai kuriais atvejais vienam gramui fosforo surišti prireikė dviejų gramų aliuminio (2:1), kitais atvejais - iki 20 gramų aliuminio vienam gramui fosforo surišti (20:1).

Pasitelkiant sukurtus modelius dabar galima numatyti, koks ateityje bus aliuminio ir fosforo surišimo santykis, atsižvelgiant į tokius veiksnius, kaip pridėto aliuminio kiekis, ežero morfologija ir fosforo kiekis nuosėdose. Jei surišimo efektyvumas bus per mažas, tai reiškia, kad valymą tiesiog reikia padalyti į kelis mažesnius etapus. Tai suteikia aliuminio mineralui laiko „surasti“ fosforą nuosėdose, kol kristalizacijos procesas nepasibaigė. Jei vienu metu įterpiama per daug mineralo, fosforas ilgiau difunduoja į naują mineralinį sluoksnį. Kai valymas yra padalytas į kelis etapus, tiekiamos dozės lengviau veikia sistemą ir sumažina pH sumažėjimo tikimybę mineralų formavimosi metu (žr. toliau).

## 2.4. Kada reikėtų naudoti valymą aliuminiu?

Padidinti nuosėdų fosforo surišimo gebą galima beveik bet kokio tipo vandens telkiniuose, tačiau yra ir išimčių. Natūraliai rūgštiniai (pH < 6) arba natūraliai šarminiai ežerai (pH > 8,5) neturėtų būti apdorojami aliuminiu. Nei geležis, nei kalcis neveikia žemo pH vandens telkinių sistemose, o kalcis yra geras pasirinkimas vandens telkiniams, kurių pH yra nuolat aukštas. Tačiau reikia nesumaišyti dviejų skirtingų dalykų, nes eutrofiniai ežerai turės aukštą pH, kuris nėra natūralus. Taip yra dėl didelio produktyvumo (dumblių ir vandens augalų) eutrofinėse sistemose, dėl kurio pH paprastai būna didesnis nei natūralus. Tokiu atveju galima apdoroti aliuminiu, tačiau pirmiausia reikėtų nustatyti natūralų ežero pH lygį.

Taip pat reikėtų būti atsargiems, apdorojant seklius ir (arba) mažo šarmingumo (minkšto vandens) ežerus, nes valymo metu sumažėja ežero šarmingumas (buferinė savybė, apsauganti nuo pH pokyčių). Tai įvyksta tik aliuminio mineralo susidarymo metu. Pasibaigus šiam procesui, šarmingumas atsistato iki natūralaus lygio. Kai kuriais atvejais šarmingumas gali būti per mažas, reikalingam aliuminio kiekiui, kuris sustabdytų istoriškai susikaupusio fosforo išsiskyrimą iš nuosėdų. Šiuo atveju vėlgi išeitis - vienu metu pridėti mažesnę aliuminio kiekį, kuriam reikia mažiau šarmingumo ir kuris taip pat pagerins surišimo efektyvumą, kaip minėta anksčiau. Tačiau jei šarmingumas yra 0,2 meq/l arba mažesnis, reikėtų apsvarstyti kitą vidinės fosforo apkrovos mažinimo būdą.

## 2.5. Ar yra pavojus, kad apdorojant ežero vandenį padidės aliuminio kiekis?

Ne, iš tikro išvalytuose ežeruose naudojant aliuminį pastebėjome priešingą efektą. Pavyzdžiui, Vekšės ežere (Vekšės savivaldybė, Švedija) metalų, įskaitant aliuminį, kiekis ežero vandenyje sumažėjo tiek apdorojimo metu, tiek po jo. Taip yra todėl, nes aliuminis natūraliai randamas aplink ežerus esančiame dirvožemyje, tad jis nuolat patenka į ežerus. Tokie metalai kaip aliuminis linkę sukibti su vandenyje esančiomis dalelėmis, pavyzdžiui, dumbliais. Kadangi valymas aliuminiu sumažina dumblių kiekį vandenyje, jame suspenduojama mažiau aliuminio ir kitų metalų.

Kita vertus, didelio rūgštingumo ežeruose metalų koncentracija padidėja dėl mažo vandens pH. Tačiau didelio rūgštingumo ežeras niekada neturėtų būti apdorojamas aliuminiu (arba geležimi).

---

*Už medžiagos turinį atsako tik autoriai ir tai nereiškia, kad jis atspindi finansuojančios institucijos požiūrį. Ataskaitą parengė TRUST ALUM projekto komanda. Naudojant šią medžiagą būtina nurodyti autorius ir TRUST ALUM projektą.*

