



Sedimentundersökningar i sjön Nimmern, Kinda kommun 2025

Läckagebenägen fosfor och miljöstörande ämnen



LOKALA VATTENVÅRDSPROJEKT

naturvatten

Sedimentundersökningar i sjön Nimmern, Kinda kommun 2025
Läckagebenägen fosfor och miljöstörande ämnen

Författare: Anna Sjöberg & Ulf Lindqvist
Medarbetare: Emil Rydin

Rapport 2025:26
2025-11-25

Naturvatten i Roslagen AB
Norra Malmavägen 33
761 73 Norrtälje
0176 – 22 90 65

Ackred. nr. 1919
Provning
ISO/IEC 17025

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING **4**

INLEDNING **5**

INTERN FOSFORBELASTNING 5
NIMMERN – ALLMÄN BESKRIVNING 5

METODIK **7**

PROVTAGNING 7
ANALYS OCH BERÄKNINGAR 8
ACKREDITERAD PROVTAGNING OCH ANALYS 9

RESULTAT OCH DISKUSSION **9**

TEMPERATUR- OCH SYRGASFÖRHÅLLANDEN 9
ÖVERGRIPANDE SEDIMENTKARAKTÄR 10
LÄCKAGEBENÄGEN FOSFOR 10
UNDERLAG TILL ALUMINIUMBEHANDLING 11
METALLER OCH ORGANISKA MILJÖGIFTER 13

REFERENSER **14**

BILAGA 1. RESULTAT AV FOSFORFRAKTIONERING **16**

BILAGA 2. RESULTAT AV ANALYS AV MILJÖSTÖRANDE ÄMNEN **18**

Sammanfattning

Föreliggande rapport redovisar resultat av sedimentundersökningar i sjön Nimmern, Kinda kommun år 2025. Undersökningarna syftar till att kvantifiera bottnarnas förråd av mobil fosfor och på så vis ge kunskap om den fosfor som med tiden kan komma att läcka till vattenmassan och där bidra till övergödning. Rapporten redovisar även underlag till åtgärder mot internbelastning genom aluminiumbehandling, samt analys och bedömning av sedimentens halter av metaller och organiska miljögifter. Undersökning och utredning utfördes av Naturvatten AB på uppdrag av Nimmerns fiskevårdsområdesförening.

Mängden läckagebenägen fosfor i Nimmerns sediment var mycket stor (14,5 g/m^2), och likartad i sjöns olika delar. Bottnarnas fosforförråd utgörs främst av organiskt bunden fosfor (ca 90%), medan oorganisk fosfor förekom i låga mängder. Att huvuddelen av den mobila fosforn ligger bunden till organiskt material innebär att läckaget till vattenmassan - den interna fosforbelastningen - kan förväntas vara störst under sommaren då högre temperaturer leder till snabbare nedbrytningstakt i sedimenten.

Sjöns djuphåla avviker från det generella mönstret genom stora mängder järnbunden fosfor (13 g P/m^2), och tydligt lägre andel organisk fosfor än övriga provtagningsstationer. En tänkbar förklaring till de höga och avvikande halterna är möjliga skillnader i utsedimentation och/eller påverkan av järnrikt grundvatten. Läckage av järnbunden fosfor sker främst i samband med dåliga syrgasförhållanden vid bottnarna i samband med längre tids skiktning under sommar eller vinter.

Vid intern åtgärd genom aluminiumbehandling rekommenderas ett nerskalat förfarande, där en dos om 90 g/m^2 appliceras till bottnar på djup större än 3 m genom så kallad sedimentinjicering. För åtgärden beräknas en total aluminiumåtgång av drygt 140 ton och en inbindning av nära 13 ton läckagebenägen fosfor. Om den rekommenderade dosen skulle visa sig otillräcklig för att fastlägga den fosfor som med tiden frisätts från djupare sedimentlager, kan behandlingen upprepas efter något decennium. Genom detta tillvägagångssätt maximeras bindningseffektiviteten och risken för att tillsätta ett verkningslöst och kostsamt överskott av aluminium minimeras. Åtgärder mot intern fosforbelastning är normalt sett motiverade först då den externa belastningen ligger på en långsiktigt hållbar nivå.

Metaller och organiska miljögifter uppmättes i samtliga fall i halter under gränsvärden enligt Havs- och vattenmyndighetens föreskrift. Nimmern uppnår således god ekologisk och kemisk status för samtliga dessa ämnen.

Inledning

Föreliggande rapport redovisar resultat av sedimentundersökningar i sjön Nimmern, Kinda kommun år 2025. Undersökningarna syftar till att kvantifiera och kartera mobil fosfor i sjöns bottnar och ge kunskap om den fosfor som med tiden kan komma att läcka till vattenmassan och därmed bidra till övergödning i Nimmern och nedströms liggande vatten. Rapporten redovisar också underlag till åtgärder mot internbelastning genom aluminiumbehandling, samt analys och bedömning av sedimentens halter av metaller och organiska miljögifter. Undersökning och utredning utfördes av Naturvatten AB på uppdrag av Nimmerns fiskevårdsområdesförening (FVOF) som en del i det arbete föreningen driver för att förbättra sjöns miljötillstånd.

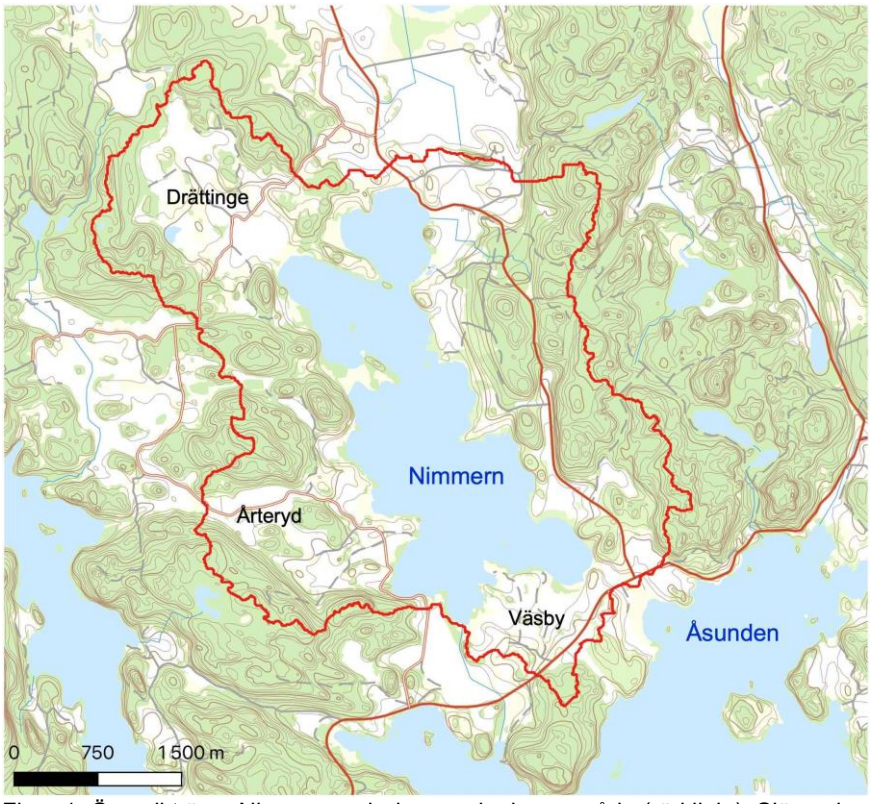
Intern fosforbelastning

Delar av den fosfor som tillförs en sjö fastläggs i bottnarna och sjön kommer därmed att fungera som en näringsfälla. I sjöar som belastas av förhöjda fosformängder kommer sedimentens förmåga till fosforretention med tiden försämras. Det innebär att en allt mindre andel av den fosfor som sedimenterar till bottnarna kommer begravas permanent, och en allt större andel återcirkuleras till vattenmassan. Fosforn som frisätts från sedimenten kallas mobil fosfor eller läckagebenägen fosfor, och den återcirkulerade fosformängden representerar den så kallade interna fosforbelastningen.

En förhöjd internbelastning bidrar till övergödning och övergödningsrelaterad problematik så som försämrade ljus- och syrgasförhållanden och förändrade växt- och djursamhällen. Den interngödande effekten kan kvarstå långt efter att den externa fosforbelastningen åtgärdats.

Nimmern – allmän beskrivning

Nimmern är belägen i Kinda kommun, cirka 10 km nordost om Kisa samhälle (Figur 1, nästa sida). Sjön saknar större tillflöden och avrinner åt söder mot Åsunden. Nimmern har en yta av cirka 3,9 km^2, ett medeldjup kring 3 meter och ett största djup på 7,9 meter (Hushållningssällskapet Kalmar-Kronoberg-Blekinge 2017). Sjöns avrinningsområde uppgår till 16,8 km^2 och karakteriseras av skog (38%) följt av jordbruksmark (28%) och sjöyta (24%) (SMHI 2025).



Figur 1. Översikt över Nimmern och dess avrinningsområde (röd linje). Sjön saknar större tillflöden och avrinner åt söder mot Åsunden. Källa: SMHI.

Nimmern är utpekad som vattenförekomst (ID WA30138293) och omfattas av beslutade miljökvalitetsnormer god ekologisk status med tidsfrist till 2033 för näringsämnen och fisk, samt god kemisk status med kvalitetsundantag för kvicksilver och PBDE. Enligt Vattenmyndighetens senaste bedömning har Nimmern otillfredsställande ekologisk status till följd av övergödning och övergödningsrelaterad problematik. Växtplankton, bottenfauna och fisk pekar på otillfredsställande status, och näringsämnen indikerar dålig status (förvaltningscykel 3, 2017-2021, källa: VISS). Nimmern uppnår god kemisk status, utan hänsyn till de överallt överskridande ämnena kvicksilver och PBDE. Sjöns miljökvalitet undersöks genom regionala och nationella miljöövervakningsprogram (RMÖ, NMÖ), samt genom länsstyrelsens projekt och program för övervakning av vattenkemi och fisk.

För ytterligare information om sjön och dess status hänvisas till Nimmerns fiskevårdsområdesförenings hemsida (www.nimmern.se).

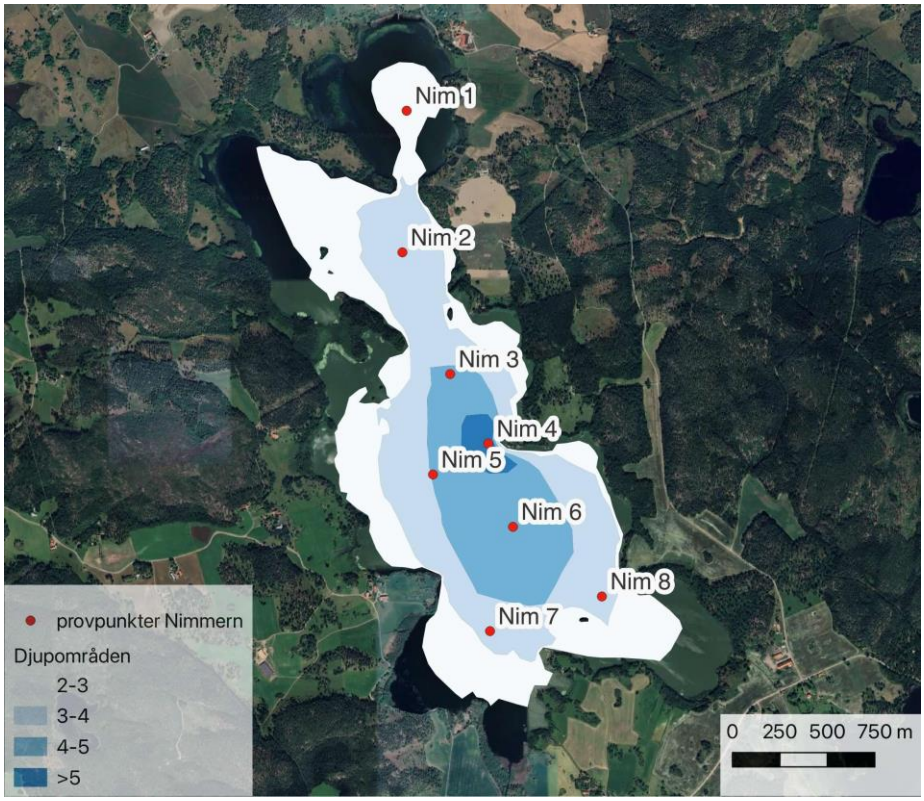
Metodik

Provtagning

Sedimentprovtagningen omfattade 8 kärnor och planerades för att ge en representativ bild av läget i sjöns olika delar och nå ner tillräckligt långt i sedimenten för att inkludera lager som speglar den halt där fosforn kan anses permanent begravd. Provtagningsstationernas lägen och djup framgår nedan (Tabell 1, Figur 3).

Tabell 1. Provtagningsstationer med djup (m) och position (SWEREF 99 TM) vid sedimentprovtagning i Nimmern, 9 maj 2025.

Station	Djup	Position (SWEREF 99 TM)	
	m	N	E
1	2,7	6436014	545812
2	3,8	6435268	545790
3	4,8	6434626	546041
4	7,9	6434260	546242
5	4,7	6434097	545951
6	4,9	6433821	546372
7	3,7	6433271	546251
8	3,8	6433454	546841



Figur 2. Provtagningsstationer vid sedimentundersökning av Nimmern, 9 maj 2025. Bakgrundskartan visar sjöns djupförhållanden med djupzoner enligt legend. Kartan upprättades med djupkarta från 2017 som underlag (Hushållningssällskapet Kalmar-Kronoberg-Blekinge 2017).

Sedimentprovtagning utfördes 9 maj 2025 av Ulf Lindqvist, Naturvatten AB. Provtagning utfördes med så kallad Willnerhämtare som tar kärnor med en diameter av 63 mm och når cirka 40 cm ner i bottnarna. Kärnorna skiktades i samband med provtagning i 7 skikt (0-2, 2-4, 6-8, 12-14, 18-20, 26-28 och 36-38 cm). Fördelningen bedöms ge tillräckligt hög upplösning i de yngre lagren för att kunna följa den förväntade haltminskningen, samt nå ner till de lager som speglar den fosforhalt som kan anses permanent begravd.

Vid provtagningen togs även ytsediment (0-2 cm) för analys av miljögifter. Proverna togs vid station 5 och analyserades med avseende på metaller, polycykliska aromatiska kolväten (PAH) och tennorganiska föreningar (TBT). Sedimentens organiska andel (TOC) analyserades som underlag för normalisering mot kolhalt.

I samband med provtagningen noterades sedimentens karaktär, liksom de temperatur- och syrgasförhållanden som rådde i en profil från yta till botten. Profilmätningar utfördes med portabel elektrod (YSI Pro Solo).

Sedimentproverna förvarades kallt (4 grader) och mörkt och transporterades till Erkenlaboratoriet och ALS Danderyd (miljögifter) där de förvarades fram till analystillfället veckan efter provtagning.

Analys och beräkningar

Samtliga sedimentskikt analyserades med avseende på vattenhalt, glödgningsförlust, totalfosforhalt och fosforfraktioner. Analyser utfördes av Erkenlaboratoriet, Uppsala universitet. Sedimentens olika fosforformer kan separeras och analyseras genom så kallad fosforfraktionering (Psenner m.fl. 1988). Sex olika fosforformer kvantifieras genom stegvis extrahering:

1. löst bunden fosfor (NH_4Cl-rP)
2. järnbunden fosfor (BD-rP)
3. aluminiumbunden fosfor (NaOH-rP)
4. organiskt bunden fosfor (NaOH-nrP)
5. kalciumbunden fosfor (HCl-rP)
6. residualfosfor (huvudsakligen organiska fosforformer)

Den läckagebenägna fosforn kvantifierades genom att en bakgrundshalt antogs, det vill säga den fosforkoncentration som yngre sedimentlager förväntas nå ner till efter att den läckagebenägna fosforn har frisatts och diffunderat ut i vattenmassan. Bakgrundshalten subtraherades från de ytligare sedimentlagrens högre halter för varje enskild kärna. Skillnaden anses utgöra summan av den fosfor som kommer att frigöras med tiden (Rydin 2000) och benämns här läckagebenägen eller mobil fosfor. Den

läckagebenägna fosforn utgörs vanligtvis av organiska former tillsammans med järnbunden fosfor. Läckagebenägen fosfor i varje sedimentskikt räknades om till mängd och summerades till en totalmängd per ytenhet. Mängden läckagebenägen sedimentfosfor beräknades genom att bestämma ytorna för olika djupintervall i sjöarnas delområden. För fördjupad information om fosforfraktionering och läckagebenägen fosfor i sediment hänvisas till publikation av Rydin (2000). För att beräkna den aluminiumdos som krävs för att binda den mobila fosforn antas att 11 gånger mer aluminium (på viktsbasis) krävs (Rydin m.fl. 2000). Beräkning av läckagebenägen fosfor och aluminiumdos utfördes av docent Emil Rydin, Naturvatten AB.

Metaller och organiska ämnen i ytsediment bedömdes mot de gränsvärden som gäller enligt Havs- och vattenmyndighetens föreskrift om klassificering avseende ytvatten (2019:25). Där så föreskrivs har hänsyn tagits till TOC-halt och/eller bakgrundshalt.

Ackrediterad provtagning och analys

Provtagning och analyser utfördes av organisationer ackrediterade av Swedac enligt ISO/IEC 17025. Sedimentprovtagning utfördes av Naturvatten AB (ackrediteringsnummer 1919). Ackrediteringen omfattar inte temperaturmätning eller syrgasmättnad. Analys av fosforns fraktionsfördelning utfördes vid Erkenlaboratoriet, Uppsala universitet (ackrediteringsnummer 1239), analys av miljögifter utfördes vid ALS Scandinavia AB (ackrediteringsnummer 2030). Samtliga analysresultat redovisas i Bilaga 1 och 2.

Resultat och diskussion

Temperatur- och syrgasförhållanden

I samband med sedimentprovtagningen i början av maj var Nimmerns vattenmassa omblandad och väl syresatt från yta till botten. Temperaturen låg i hela vattenmassan kring 11ºC, och syrgashalterna kring 11 mg/l.

Övergripande sedimentkaraktär

Ytsedimenten utgjordes vid samtliga provtagningsstationer av brun dy (findetritus). Sedimenten var väloxiderade och utan lukt av svavelväte. De djupaste skikten karakteriserades av gyttja. Vattenhalt och organisk andel visar att ackumulationsförhållanden rådde vid samtliga stationer (jfr Håkanson & Jansson, 1983), något som styrks även av halternas kontinuerliga avklingning med ökande sedimentdjup.

Station 4 som representerar Nimmerns djuphåla avvek från övriga kärnor med en något lägre vattenhalt och organisk andel i ytsedimentet, och en övergång till på gyttja redan kring 12 cm sedimentdjup (Bilaga 1). Normalt sett ses omvänt mönster, med högre halter till följd av att finpartikulärt material fokuseras till sjöns djuphålor. De lägre halterna i djuphålan utanför udden i sjöns östra del kan tänkas vara en effekt av grundvattenpåverkan, eller strömmar som medfört avvikande utsedimentation.

Läckagebenägen fosfor

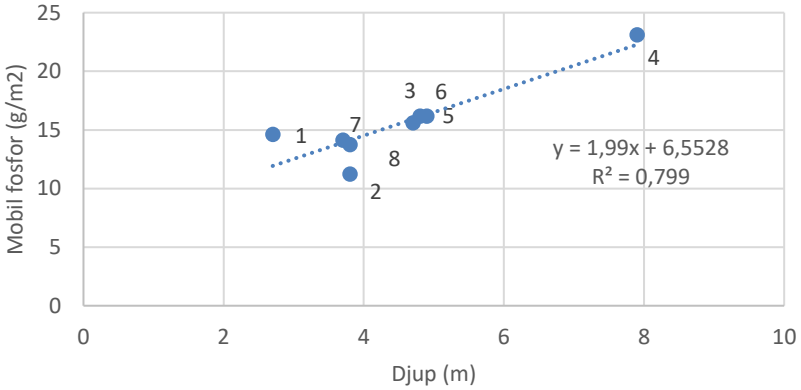
De läckagebenägna fosformängderna i Nimmerns sediment var mycket höga (14,5 g/m^2; jfr exempelvis ALcontrol 2016, Lindqvist & Rydin 2021, Sjöberg m.fl. 2023, WRS AB & Naturvatten AB 2024) och likartade i sjöns olika delar (Tabell 2). Den mobila fosforn utgörs av en oorganisk del - löst bunden och järnbunden fosfor - och en organisk andel; främst plankton och mikrobiell biomassa. I Nimmern utgörs bottnarnas fosforförråd främst av organiskt bunden fosfor (ca 90%), medan oorganiskt bunden fosfor förekom i låga mängder (ca 1,3 g P/m^2). Att huvuddelen av den mobila fosfor ligger bunden till organiskt material innebär att den interna fosforbelastningen kan förväntas vara störst under sommaren då högre temperaturer leder till snabbare mineralisering i sedimenten.

Tabell 2. Läckagebenägen fosfor i Nimmerns sediment med fördelning per fosforform; löst bunden, järnbunden och organiskt bunden fosfor. Mobil organiskt bunden fosfor återfinns även i posten residual (Res). De olika fosforformerna anges med mängd (g P/m^2) samt andel (%) av den totala läckagebenägna mängden. Medelvärde exkluderar den avvikande station 4.

Station	Djup m	Löst	Järn	Org	Res	Summa	Löst	Järn	Org	Res	Summa org
		g P/m2					%				
1	2,7	0,1	1,8	7,0	5,7	14,6	1	12	48	39	87
2	3,8	0,1	0,5	5,6	5,1	11,2	1	5	50	45	95
3	4,8	0,1	0,7	7,2	8,1	16,2	0	5	45	50	95
4	7,9	0,3	13,1	3,7	6,0	23,1	1	57	16	26	42
5	4,7	0,1	1,3	7,9	6,3	15,6	1	8	50	40	91
6	4,9	0,1	1,0	7,3	7,8	16,1	0	6	45	48	93
7	3,7	0,1	1,1	6,7	6,2	14,1	1	8	47	44	91
8	3,8	0,1	1,7	6,7	5,2	13,7	1	12	49	38	87
Medel		0,1	1,2	6,9	6,3	14,5	1	8	48	44	100

Djuphålan (station 4) avviker från det generella mönstret med stora mängder järnbunden fosfor (13 g P/m^2), och tydligt lägre andel organisk bunden fosfor (42%) än övriga stationer. I många övergödda sjöar har den järnbundna fosforn redan läckt ut från bottnarna till följd av att hela sedimentprofilen har blivit anoxisk (syrgasfri), men så är inte fallet i Nimmerns djuphåla. En tänkbar förklaring till de höga och avvikande halterna är de möjliga skillnader i utsedimentation som nämns ovan, eller tänkbar påverkan av järnrikt grundvatten. Läckage av järnbunden fosfor sker främst i samband med dåliga syrgasförhållanden vid bottnarna, något som kan uppkomma vid längre tids skiktning under sommar eller vinter.

Då resultat från samtliga stationer beaktas ses ett positivt samband mellan vattendjup och mängd läckagebenägen fosfor (Figur 3). Utan hänsyn till den avvikande djuphålan (station 4) är dock sambandet svagt.



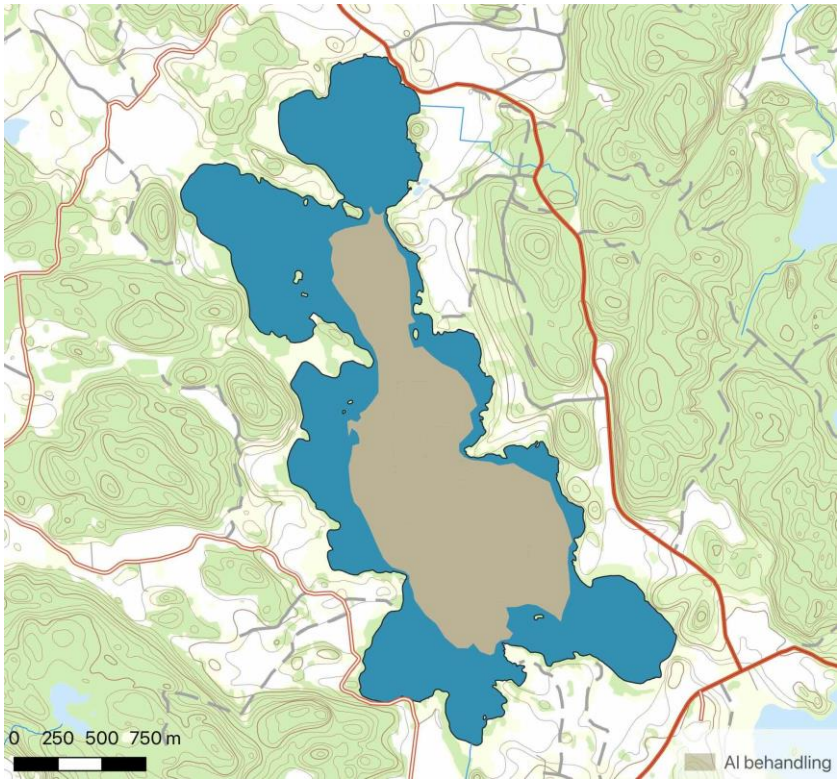
Figur 3. Läckagebenägen fosfor (g/m^2) och vattendjup (m), Nimmern 2025. Den avvikande station 4 representerar Nimmerns djuphåla.

Underlag till aluminiumbehandling

Aluminiumfällning är en välbeprövad och generellt välfungerande metod för att minska den interna fosforomsättningen. Metoden innebär att fosfor fastläggs till bottnarna genom tillsatts av aluminiumsaltlösning i vattenmassan eller direkt i sedimentet. Aluminium doseras på så vis att löst fosfor binds efterhand den mobiliseras sedimenten. Hur långvarig effekten av behandlingen blir påverkas av faktorer som morfometri, aluminiumdos, pH, förråd av läckagebenägen sedimentfosfor och externbelastning (Agstam-Norlin mfl 2021).

För en så kostnadseffektiv och hållbar behandling som möjligt baserar sig aluminiumdosen i grunden på de mängder av läckagebenägen fosfor som indikeras av sedimentundersökningar. Antaget att cirka 11 gånger mer aluminium behövs på viktsbasis för att binda en given mängd fosfor (Rydin m fl. 2000), krävs en aluminiumdos på cirka 175 g/m^2 till bottnar

djupare än 4 meter och i genomsnitt 150 g/m^2 till de grundare bottenområdena. De beräknade doserna ligger väsentligt högre än de tillsatser på 50-100 g/m^2 som normalt används av företaget Vattenresurs AB för att binda läckagebenägen sedimentfosfor i relativt välbuffrade sjöar (Agstam-Norlin m fl. 2021). Vid aluminiumbehandling av Nimmern föreslår vi att lite drygt halva den beräknade högstadosen tillsätts, det vill säga 90 g/m^2. Rekommendationen görs mot bakgrund av att denna dos bedöms tillräcklig för att binda den sedimentfosfor som frisätts under uppskattningsvis ett decenniums tid. Vid tillsats av fulldos finns risk att den flock som ligger outnyttjad i sedimenten under flera års tid åldras och tappar effekt. Ytterligare skäl ges av att huvuddelen av dosen bör blandas ner i det översta sedimentlagret snarare än ovanpå. Eftersom den dos som föreslås närmar sig de mängder som kan injiceras i sedimenten utan att delar av tillsatsen lägger sig på sedimentytan, innebär en nerskalad åtgärd minskad risk för att aluminiumflock förflyttas av vattenströmmar från de bottnar den var avsedd för. I syfte att undvika risker för frisättning av aluminium till följd av potentiellt höga pH-värden vid grunda bottnar, och minska risken för att vågor och strömmar förflyttar aluminiumflocken rekommenderar vi vidare att behandlingen begränsas till bottenområden djupare än 3 m (Figur 3). Behandlingen motsvarar cirka 40 procent av sjöytan och bör ge en fullgod effekt. En åtgärd omfattande en aluminiumdos av 90 g/m^2 över cirka 160 hektar motsvarar en total aluminiumåtgång av drygt 140 ton och beräknas resultera i en inbindning av nära 13 ton läckagebenägen fosfor. För budgetering av åtgärden hänvisas till entreprenör.



Figur 4. En aluminiumbehandling av Nimmern rekommenderas omfatta bottnar på djupare än 3 m (ca 160 ha) och en aluminiumdos av 90 g/m^2.

Om det skulle visa sig att den rekommenderade dosen inte är räcker för att fastlägga tillräckligt stor del av den fosfor som med tiden mineraliseras från djupare sedimentlager, är det normalt sett mer effektivt att efter något decennium, men minst 5 år, upprepa behandlingen, snarare än att inledningsvis lägga en större dos, som i detta fall dessutom överskrider normalintervallet. Genom detta tillvägagångssätt maximeras bindningseffektiviteten och risken för att tillsätta ett verkningslöst och kostsamt överskott av aluminium minimeras. Detta tillvägagångssätt bedömer vi vara det mest kostnadseffektiva och ekologiskt säkra. Att behandling sker under alltigenom välbuffrade förhållanden behöver tillses av utföraren.

Åtgärder mot intern fosforbelastning är normalt sett motiverade först då den externa belastningen ligger på en långsiktigt hållbar nivå. Att så är fallet bör säkerställas genom upprättande av en fosforbudget och bedömningar av vilken belastning som kan ses som acceptabel.

Metaller och organiska miljögifter

Metaller och organiska miljögifter uppmättes i samtliga fall i halter under gränsvärden enligt Havs- och vattenmyndighetens föreskrift (HVMFS 2019:25) (Tabell 3). Nimmern uppnår således god ekologisk och kemisk status för samtliga dessa ämnen. Halterna låg med god marginal under gällande gränsvärden, och god status uppnås även utan hänsyn till sedimentets kolhalt och/eller naturliga bakgrundshalter. Analysresultat redovisas i sin helhet i Bilaga 2.

Tabell 3. Metaller och organiska miljögifter, samt organiskt kol (TOC), i Nimmerns sediment, 2025.

Ämne	Enhet	Uppmätt halt	Gränsvärde
Cd, kadmium	mg/kg TS	0,364	2,3
Cu, koppar	mg/kg TS	26,4	36
Pb, bly	mg/kg TS	31,4	130
antracen	mg/kg TS	<0,0040	0,0024
fluoranten	mg/kg TS	0,021	0,2
TBT, tributyltenn	µg/kg TS	<1	1,6
TOC	% TS	14,1	-

Referenser

Agstam-Norlin, O., Lannergård, E., Rydin, E., Futter, M. Huser, B. 2021. A 25-year retrospective analysis of factors influencing success of aluminum treatment for lake restoration. Water Research. Tillgänglig via: https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117267.

ALcontrol AB. 2016. Undersökning av läckagebenägen fosfor i sediment i vattenförekomster inom Stockholms stad.

Sjöberg, A., E. Rydin & U. Lindqvist. 2023. Läckagebenägen sedimentfosfor i Bagarsjön, Myrsjön och Ältasjön. Underlag för åtgärdsplanering, Nacka kommun. Naturvatten AB, Rapport 2023:14.

Havs- och vattenmyndigheten. 2019. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten. HVMFS 2019:25.

Hushållningssällskapet Kalmar-Kronoberg-Blekinge. 2017. Djupkarta över sjön Nimmern.

Hakanson, L. & M. Jansson. 1983. Principles of Lake Sedimentology. Vol. 316, Springer-Verlag, Berlin. Tillgänglig via: https://doi.org/10.1007/978-3-642-69274-1

Lindqvist, U. & E. Rydin. 2021. Lommaren och Gillfjärden - En förstudie inför eventuell aluminiumbehandling. Naturvatten AB, Rapport 2021:14.

Nimmerns fiskevårdsområdesförening. 2025. Hemsida. Tillgänglig via: https://nimmern.se/

Psenner, R., Boström, B., Dinka, M., Pettersson, K., Pucsko, R. & M. Sager. 1988. Fractionation of phosphorus in suspended matter and sediments. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 30: 98-109.

Rydin, E. 2000. Potentially mobile phosphorus in Lake Erken sediment. Water Research 34(7):2037-2042.

Rydin, E, Huser, B. & E. Welch. 2000. Amount of phosphorus inactivated by alum treatments in Washington lakes. Limnology and Oceanography 45(1):226-230.

WRS AB & Naturvatten AB. 2024. Underlag till lokalt åtgärdsprogram för Valloxen och Lövstaån. WRS AB i samarbete med Naturvatten AB, Rapport nr 1974-A.

SMHI. 2025. Vattenwebb. Tillgänglig via: https://www.smhi.se/data/sjoar-och-vattendrag/vattenwebb

VattenInformationssystem Sverige. 2025. Tillgänglig via: http://www.viss.lansstyrelsen.se/

Bilaga 1. Resultat av fosforfraktionering

Tabell 1. Fosforns fraktionsfördelning och totalhalter (µg/g TS) samt vattenhalt och glödgningsförlust (%) i sediment, Nimmern, maj 2025. Analyser utfördes av Erkenlaboratoriet, ackrediterade enligt ISO/IEC 17025 av Swedac (ackrediteringsnr. 1239). Observera att analysresultaten visas utan den avrundning som gäller enligt laboratoriets riktlinjer, detta för att redovisa fullständiga underlag för beräkningar av läckagebenägen fosfor.

Station	Skikt	Vattenhalt	Glödgningsförlust	NH4Cl-P	BD-P	NaOH-P	NaOH org-P	HCl-P	Rest-P	Total-P
	cm	%	%	µg/g TS	µg/g TS	µg/g TS	µg/g TS	µg/g TS	µg/g TS	µg/g TS
1	0-2	95	33	28	424	130	820	267	407	2076
1	2-4	94	32	15	272	105	723	247	459	1821
1	6-8	94	30	14	328	148	613	241	548	1893
1	12-14	92	27	4	105	80	439	275	408	1309
1	18-20	89	25	3	91	73	328	271	313	1079
1	26-28	88	22	3	82	63	238	276	282	944
1	36-38	84	17	2	74	56	150	295	171	747
2	0-2	95	35	21	321	93	723	213	515	1886
2	2-4	95	34	20	245	96	706	213	549	1828
2	6-8	94	32	7	147	83	627	219	538	1621
2	12-14	92	31	4	100	89	535	239	455	1423
2	18-20	91	28	3	94	82	416	244	411	1250
2	26-28	89	25	3	100	74	294	242	310	1022
2	36-38	86	21	2	104	70	233	246	218	872
3	0-2	95	35	15	347	106	716	206	582	1972
3	2-4	94	35	17	280	110	692	209	583	1890
3	6-8	94	34	12	181	94	709	221	512	1729
3	12-14	93	32	4	97	87	545	228	471	1433
3	18-20	91	29	3	90	79	393	236	417	1218
3	26-28	89	25	3	94	75	291	236	496	1197
3	36-38	86	20	4	104	66	180	250	191	795
4	0-2	92	29	22	623	689	563	354	546	2797
4	2-4	91	29	21	664	706	527	270	652	2840
4	6-8	91	28	32	648	258	507	238	666	2349
4	12-14	86	19	5	433	320	195	265	240	1459
4	18-20	84	18	8	598	252	192	246	207	1502
4	26-28	83	17	13	871	300	162	253	142	1742
4	36-38	83	18	9	729	385	166	275	1	1565
5	0-2	95	34	15	337	132	734	235	427	1880
5	2-4	94	34	15	334	121	773	239	413	1894
5	6-8	94	34	11	169	113	678	217	526	1714
5	12-14	93	32	6	111	92	531	231	491	1461
5	18-20	91	29	3	93	82	396	226	447	1247
5	26-28	88	22	3	78	69	243	232	277	901
5	36-38	83	16	1	70	62	146	259	173	711
6	0-2	95	35	24	454	130	805	224	453	2090
6	2-4	94	35	17	235	95	658	202	630	1836
6	6-8	94	33	11	221	95	645	206	572	1750
6	12-14	93	33	5	95	90	491	235	537	1452
6	18-20	91	29	5	84	75	408	220	442	1234
6	26-28	88	23	2	79	59	234	230	307	911
6	36-38	83	17	4	92	66	152	256	157	727
7	0-2	95	38	25	434	106	714	185	697	2161
7	2-4	95	36	17	327	137	745	231	425	1882

7	6-8	94	35	7	153	88	567	209	512	1536
7	12-14	93	33	5	100	83	508	219	506	1421
7	18-20	91	30	4	87	75	383	227	403	1179
7	26-28	90	27	5	86	63	274	219	328	976
7	36-38	85	20	1	74	55	161	248	185	725
8	0-2	95	38	31	562	118	767	218	458	2154
8	2-4	94	38	18	325	117	700	194	498	1852
8	6-8	94	36	15	248	93	630	213	507	1707
8	12-14	93	34	7	103	71	415	222	535	1353
8	18-20	91	31	4	85	67	332	244	398	1131
8	26-28	91	28	4	105	78	309	389	60	945
8	36-38	84	22	2	76	56	157	262	161	714

Bilaga 2. Resultat av analys av miljöstörande ämnen

Analyscertifikat

Ordernummer	: **ST2525589**	Sida	: 1 av 4
Kund	: **Naturvatten i Roslagen AB**	Projekt	: Nimmern
Kontaktperson	: Ulf Lindqvist	Beställningsnummer	: ----
Adress	: Norra Malmavägen 33 761 73 Norrtälje Sverige	Provtagare	: UL
		Provtagningspunkt	: ----
		Ankomstdatum, prover	: 2025-06-11 10:00
E-post	: ulf@naturvatten.se	Analys påbörjad	: 2025-06-13
Telefon	: 0176-22 90 65	Utfärdad	: 2025-07-03 14:22
C-O-C-nummer (eller Orderblankett-nummer)	: ----	Antal ankomna prover	: 1
Offertnummer	: ST2023SE-NAT-ROS0001 (OF230020)	Antal analyserade prover	: 1

Generell kommentar

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultatet gäller endast materialet såsom det har mottagits, identifierats och testats. Laboratoriet tar inget ansvar för information i denna rapport som har lämnats av kunden, eller resultat som kan ha påverkats av sådan information. Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se vår webbplats www.alsglobal.se

Orderkommentar

Provet för S-TOC1-IR-metoden torkas vid 105 ° C och pulveriseras före analys.
*

Signatur	*Position*
Niina Veuro	Laboratoriechef

Niina Veuro

Ackred. nr 2030
Provning
ISO/IEC 17025

Laboratorium	: ALS Scandinavia AB	hemsida	: www.alsglobal.se
Adress	: Rinkebyvägen 19C 182 36 Danderyd Sverige	E-post	: info.ta@alsglobal.com
		Telefon	: +46 8 5277 5200

Analysresultat

Provbeteckning **Nimmern 5 0-2 cm nr 111956**
Laboratoriets provnummer **ST2525589-001**
Provtagningsdatum / tid **2025-06-09**
Matris **SEDIMENT**

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Metod	Utf.
Provberedning						
M-2						
Torkning	**Ja**	----	-	-	S-PP-dry50	LE
Siktning/mortling	**Ja**	----	-	-	S-PP-siev/grind	LE
Provberedning						
M-2						
Uppslutning	**Ja**	----	-	-	S-PM59-HB	LE
P-OTC-S						
Extraktion	**Ja**	----	-	-	S-P46	LE
Metaller och grundämnen						
M-2						
As, arsenik	**3.70**	± 0.49	mg/kg TS	0.100	S-SFMS-59	LE
Cd, kadmium	**0.364**	± 0.052	mg/kg TS	0.0100	S-SFMS-59	LE
Co, kobolt	**8.70**	± 1.16	mg/kg TS	0.0300	S-SFMS-59	LE
Cr, krom	**25.5**	± 3.6	mg/kg TS	0.100	S-SFMS-59	LE
Cu, koppar	**26.4**	± 3.6	mg/kg TS	0.300	S-SFMS-59	LE
Hg, kvicksilver	**0.0629**	± 0.0153	mg/kg TS	0.0400	S-SFMS-59	LE
Ni, nickel	**25.0**	± 3.6	mg/kg TS	0.0800	S-SFMS-59	LE
Pb, bly	**31.4**	± 3.9	mg/kg TS	0.100	S-SFMS-59	LE
V, vanadin	**48.4**	± 6.0	mg/kg TS	0.200	S-SFMS-59	LE
Zn, zink	**93.6**	± 13.3	mg/kg TS	1.00	S-SFMS-59	LE
Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)						
OJ-1-sed						
naftalen	**0.015**	± 0.005	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
acenaftylen	**<0.010**	----	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
acenaften	**<0.010**	----	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
fluoren	**<0.010**	----	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
fenantren	**0.020**	± 0.006	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
antracen	**<0.0040**	----	mg/kg TS	0.0040	S-SMLGMS02	PR
fluoranten	**0.021**	± 0.006	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
pyren	**0.014**	± 0.004	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
bens(a)antracen	**<0.010**	----	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
krysen	**<0.010**	----	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
bens(b)fluoranten	**0.018**	± 0.005	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
bens(k)fluoranten	**<0.010**	----	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
bens(a)pyren	**<0.010**	----	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
Indeno(123cd)pyren	**0.013**	± 0.004	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
dibens(a,h)antracen	**<0.010**	----	mg/kg TS	0.010	S-SMLGMS02	PR
bens(g,h,i)perylen	**0.0107**	± 0.0032	mg/kg TS	0.0050	S-SMLGMS02	PR
summa PAH 16	**0.112**	----	mg/kg TS	0.0745	S-SMLGMS02	PR
Summa PAH 11	**0.0967**	----	mg/kg TS	0.0495	S-SMLGMS02	PR
summa cancerogena PAH	**0.0310**	----	mg/kg TS	0.0350	S-SMLGMS02	PR
summa övriga PAH	**0.0807**	----	mg/kg TS	0.0395	S-SMLGMS02	PR
summa PAH L	**0.0150**	----	mg/kg TS	0.0150	S-SMLGMS02	PR
summa PAH M	**0.0550**	----	mg/kg TS	0.0220	S-SMLGMS02	PR

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Metod	Utf.
Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) - Fortsatt						
OJ-1-sed - Fortsatt						
summa PAH H	**0.0417**	----	mg/kg TS	0.0375	S-SMLGMS02	PR
Metallorganiska föreningar						
OJ-19a						
MBT, monobutyltenn	**<6**	----	µg/kg TS	1	S-GC-46	LE
DBT, dibutyltenn	**<6**	----	µg/kg TS	1	S-GC-46	LE
TBT, tributyltenn	**<1**	----	µg/kg TS	1	S-GC-46	LE
TTBT, tetrabutyltenn	**<6**	----	µg/kg TS	1	S-GC-46	LE
MOT, monooktyltenn	**<6**	----	µg/kg TS	1	S-GC-46	LE
DOT, dioktyltenn	**<6**	----	µg/kg TS	1	S-GC-46	LE
TCyT, tricyklohexyltenn	**<6**	----	µg/kg TS	1	S-GC-46	LE
MPhT, monofenyltenn	**<6**	----	µg/kg TS	1	S-GC-46	LE
DPhT, difenyltenn	**<6**	----	µg/kg TS	1	S-GC-46	LE
TPhT, trifenyltenn	**<6**	----	µg/kg TS	1	S-GC-46	LE
Fysikaliska parametrar						
M-2						
torrsubstans vid 105°C	**3.44**	± 2.00	%	1.00	TS-105	LE
TOC						
TOC	**14.1**	± 2.12	% TS	0.10	S-TOC1-IR	CS

Metodsammanfattningar

Analysmetoder	*Metod*
S-GC-46	Analys av tennorganiska föreningar (OTC) i jord, slam och sediment med GC-ICP-MS enligt SE-SOP-0036 (SS-EN ISO 23161:2018).
S-PP-dry50	Torkning av prov vid 50°C.
S-PP-siev/grind	Jord siktas <2mm enligt ISO 11464:2006. Slam och sediment homogeniseras genom mortling.
S-SFMS-59	Analys av metaller i jord, slam, sediment och byggnadsmaterial med ICP-SFMS enligt SS-EN ISO 17294-2:2023 och US EPA Method 200.8:1994 efter uppslutning av prov enligt S-PM59-HB.
TS-105	Bestämning av torrsubstans (TS) enligt SS-EN 15934:2012 utg 1.
S-TOC1-IR	Bestämning av TOC enligt direkt metod; CSN ISO 10694, CSN EN 13137:2002, CSN EN 15936.
S-SMLGMS02	Bestämning och beräkning av semivolatila organiska ämnen med isotoputspädning enligt US EPA 429, US EPA 1668, US EPA 3550. Mätning utförs med GC-MS.

Beredningsmetoder	*Metod*
S-P46	Prep metod- OTC enligt SE-SOP-0036 (SS-EN ISO 23161:2018).
S-PM59-HB	Upplösning i 7M salpetersyra i hotblock enligt SE-SOP-0021.

Nyckel: **LOR** = Den rapporteringsgräns (LOR) som anges är standard för respektive parameter i metoden. Rapporteringsgränsen kan påverkas vid t.ex. spädning p.g.a. matrisstörningar, begränsad provmängd eller låg torrsubstanshalt.

MU = Mätosäkerhet

* = Asterisk efter resultatet visar på ej ackrediterat test, gäller både egna lab och underleverantör

Mätosäkerhet:

Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Evaluation of measurement data- Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.
Mätosäkerhet anges endast för detekterade ämnen med halter över rapporteringsgränsen.

Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.

Utförande laboratorium (teknisk enhet inom ALS Scandinavia eller anlitat laboratorium (underleverantör)).

	Utf.
CS	*Analys utförd av* ALS Czech Republic s.r.o Česká Lípa, Bendlova 1687/7 Česká Lípa Tjeckien 470 01 Ackrediterad av: CAI Ackrediteringsnummer: 1163, CSN EN ISO/IEC 17025:2018
LE	*Analys utförd av* ALS Scandinavia AB, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75 Ackrediterad av: SWEDAC Ackrediteringsnummer: 2030, ISO/IEC 17025
PR	*Analys utförd av* ALS Czech Republic s.r.o Prag, Na Harfe 336/9 Prag Tjeckien 190 00 Ackrediterad av: CAI Ackrediteringsnummer: 1163, CSN EN ISO/IEC 17025:2018