

Projektnummer/Project no Uppdragsgivare/Client
E41607 SocialstyrelsenFoT-område
Inget FoT-områdeDatum/Date Memo nummer/Number
2025-10-30 FOI Memo 8981

Omvärldsanalys 2025: Katastroftoxikologi

Nationellt kunskapscentrum i katastroftoxikologi, bevakningsperiod november 2024 – oktober 2025



Bilder från FOIs bildbank

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: Katastroftoxikologi

Memo nummer/Number
FOI Memo 8981

Innehåll

1	Inledning	3
2	Säkerhetsläge och hotbild	3
3	Aktuellt inom kunskapsområdet	5
	3.1 Kemiska hälsorisker.....	5
	3.2 Medicinsk behandling	6
	3.3 Personsanering.....	8
	3.4 Fysiskt skydd och sanering	11
4	Utveckling och viktiga områden.....	13
	4.1 Utvecklingsprojekt inom katastroftoxikologi.....	13
	4.2 Beredskap mot kemiska hot	14
	4.3 Viktiga utvecklingsområden att bevaka	15

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: KatastroftoxikologiMemo nummer/Number
FOI Memo 8981

1 Inledning

Nationellt kunskapscentrum för katastroftoxikologi (KcC)¹ har i uppdrag att regelbundet följa, analysera och rapportera utvecklingen inom sitt kunskapsområde till Socialstyrelsen. En del av detta är en årlig omvärldsanalys som för 2025 omfattar perioden från 1 november 2024 till mitten av oktober 2025. Syftet med analysen är att identifiera nya utvecklingsområden, aktuella frågeställningar, möjligheter till samverkan samt erfarenheter som kan bidra till att stärka och utveckla beredskapen ur både katastroftoxikologiska och katastrofmedicinska perspektiv.

Katastroftoxikologi är ett specialområde inom toxikologin som fokuserar på giftiga ämnen som människor och miljö kan utsättas för i samband med katastrofer, oavsett om dessa är naturligt orsakade eller skapade av mänsklig aktivitet. Exempel på sådana onaturliga situationer är kemiska olyckor, kemisk krigföring, terrorattacker och industriella utsläpp, så kallade C-händelser.

Centrala frågor inom katastroftoxikologi			
Akut Riskbedömning	Exponeringsrisk och dos-respons	Sanering och medicinskt omhändertagande	Beredskap
Snabb identifiering av farliga ämnen vid utsläpp samt bedömning av riskområden, ofta baserat på spridningsmodeller och mätdata.	Analys av hälsorisker för människor efter exponering för kemikalier, inklusive bedömning av dos-responssamband.	Utveckling av medicinska behandlingsmetoder och tekniker för personsanering för att minska skador och konsekvenser efter en händelse.	Framtagande av planer, riktlinjer och strategier för att hantera akuta kemikalieolyckor och begränsa framtida katastrofers påverkan.

Socialstyrelsen har gett KcC i uppdrag att särskilt fördjupa kunskapen inom personsanering, hälsoriskbedömningar, diagnostik och medicinsk behandling vid masskadehändelser där människor exponeras för farliga kemikalier², med särskild fokus på påverkan via andningsvägar, ögon och hud. Målgruppen för denna omvärldsanalys är aktörer inom hälso- och sjukvårdssektorn som arbetar med krisberedskap och civilt försvar. Rapporten ger en översikt av ett antal aktuella frågor utan att göra anspråk på att täcka in hela forskningsfältet. Innehåll och slutsatser i analysen har tagits fram av FOI.

2 Säkerhetsläge och hotbild

Kriget i Ukraina fortsätter att påverka säkerhetsläget i Europa inklusive Sverige. Statsministern konstaterade i början av året att Sverige visserligen inte befinner sig i krig, men att det inte heller råder fred. Påverkansoperationer och andra händelser där främmande makt bedöms ligga bakom, direkt eller genom ombud (s.k. proxy) sker mot oss och våra grannländer. Denna utveckling, i

¹ Kontakt: Kunskapscentrum för Katastroftoxikologi, KcC@foi.se. Besöksadress: Cementv. 20, Umeå.

² Med hälsofarliga kemikalier avses de som har direkta hälsoeffekter på människokroppen, d.v.s. toxiska, irriterande eller frätande kemiska ämnen. Allergiframkallande, cancerogena, mutagena och reproduktionstoxiska kemikalier omfattas inte. Inte heller brandfarliga och syreundanträngande kemikalier.

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: KatastroftoxikologiMemo nummer/Number
FOI Memo 8981

kombination med hotet från våldsbejakande extremism, skapar ett brett och svårhanterligt spektrum av säkerhetsproblem. Ett sätt att påverka samhället kan vara att medvetet påvisa sårbarheter i beredskapen och sjukvårdens förmåga att hantera en händelse med kemiska ämnen, vilket skulle kunna generera negativa yttringar och opinioner. Hot om användning, påstådda eller faktiska händelser med akuttoxiska kemiska ämnen i Sverige, skulle sannolikt få stor uppmärksamhet även utan skadade, eller vid relativt begränsade skadeutfall. En konsekvens av detta kan bli generellt ökad stress och oro i befolkningen, vilket i sin tur kan utgöra en utmaning vid bedömning av en patients medicinska tillstånd, och vid urskiljning (triage) av exponerade bland oroliga friska vid en faktisk händelse.

Precis som tidigare år konstateras att giftiga och frätande ämnen fortfarande används för att hota, skrämja och skada människor världen över. I de flesta dokumenterade fall har hoten riktats mot personer med nära koppling till gärningspersonen men inte resulterat i några masskadehändelser. För mer information om händelser internationellt, hänvisas till FOI-rapporten: *CBRN-hot från ickestatliga aktörer - Årsrapport 2024*.³

Anklagelser om att tårgas och klorpikrin^{4,5} används i det skyttegravsrig som präglar situationen vid fronten i Ukraina har under 2025 eskalerat. Dessa kemiska ämnen uppges nu förekomma rutinemässigt i den ryska krigföringen, vilket utgör ett brott mot kemvapenkonventionen. Exempelvis har användning av tårgasen CS under året verifierats av Organisationen för förbud mot kemiska vapen (OPCW).⁶

Användningen av drönare för att attackera mål i Ukraina har i vissa fall medfört risker för kemikalieutsläpp, scenarier som den ukrainska räddningstjänsten byggt upp beredskap för. I september utsattes exempelvis en ukrainsk kemisk anläggning för en attack. Räddningstjänsten kunde dock kontrollera skadorna och hindra farliga kemikalieutsläpp.^{7,8} Även Ukraina har under 2025 genomfört ett flertal drönaranfall mot industriella och energirelaterade mål inne i Ryssland med syfte att strategisk påverka Rysslands militära och ekonomiska kapabilitet. Dessa operationer har inte bara orsakat materiella skador utan det har också rapporterats om hälsofarliga kemiska utsläpp. I anfall mot ryska raffinaderier, exempelvis i Krasnodar och Syzran, har omfattande bränder uppstått vilket lett till utsläpp av giftiga ämnen på grund av rökutvecklingen. Anfall mot en kemisk industri nära ett tätbebyggt område vid sämsta möjliga väderförhållanden skulle kunna medföra en kemisk masskadehändelse, även om det inte är det primära motivet till att en kemisk anläggning utgör ett mål.^{9,10,11}

Sjukvårdens behov av förmåga att hantera kemikalieexponerade individer i fredstida kriser, höjd beredskap och krig baseras på riskbedömningar som inkluderar tänkt agerande vid exponering för

³ CBRN-hot från ickestatliga aktörer - Årsrapport 2024. Magnus Normark m. flera. FOI-R--5757--SE. Publicerad: 2025-06-19

⁴ Klorpikrin användes som ett kemiskt vapen under första världskriget genom dess tårliknade egenskaper men har en mer allvarlig akutpåverkan på andningsvägarna. Klorpikrin används idag som fumigant som ett effektivt bekämpningsmedel i jordbruket mot svamp, insekter och nematoder i jorden. Klorpikrin som bekämpningsmedel i jordbruket är förbjudet inom EU.

⁵ Börjegen *et al.* Klorpikrin och invasionen av Ukraina. FOI Memo 8462. Februari 2024.

⁶ <https://www.opcw.org/media-centre/news/2025/02/opcw-issues-report-second-technical-assistance-visit-ukraine-following>

⁷ Viktor Nazarenko. Russia strikes Dnipro factory with drones overnight: First details emerge. RBC-Ukraine. 5/9 2025

⁸ Herasimova Tetiana. No chemical danger in Dnipro, preventive measures taken at night – SESU. Ukrainian News. 5/9 2025.

⁹ Okänd. Russia's Syzran oil refinery suspended operations following a drone attack, sources say, Reuters, 19/2 2025

¹⁰ Dmytro Basmat. Ukrainian drones strike oil refineries in Russia's Krasnodar Krai, Samara Oblast, commander says. The Kyiv independent. 30/8 2025

¹¹ Abby Chitty. Russian drone attacks kill two and injure 19 in Ukraine, including infants. Euronews. 14/1 2025.

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: KatastroftoxikologiMemo nummer/Number
FOI Memo 8981

vanliga industrikemikalier och scenarier med farliga ämnen. Vid större C-händelser kan samverkan och stöd från angränsande regioner och internationella aktörer, som EUs civilskyddsmekanism, vara avgörande. Förmågan att hantera sådana händelser kräver både utbildning och övningar. Sveriges medlemskap i Nato och det nya säkerhetsläget påverkar också beredskapsplaneringen.

Rapporteringen¹² understryker vikten av att stärka förberedelserna och samarbetet på internationell nivå för att effektivt hantera och motverka hot från kemiska och biologiska vapen samt giftiga ämnen.

3 Aktuellt inom kunskapsområdet

I kapitel 3 presenteras en kort sammanfattning av några nedslag från 2025 gällande hälsorisker, medicinsk behandling, personsanering och fysiskt skydd och sanering vid kemiska händelser.



3.1 Kemiska hälsorisker

Exponering för kemikalier sker vanligtvis genom inandning, förtäring eller hudkontakt och kan leda till allvarliga hälsoproblem. Även om effektiva motmedel finns för vissa giftiga kemiska ämnen behövs fortsatt forskning för att utveckla nya och förbättrade medicinska behandlingar.

Tidigare kemiska attacker, såsom sarin- och klorgasattackerna i Syrien mellan 2013–2018 och novitjok-mordförsöken i Salisbury, England, och Tomsk, Ryssland, visar att kemiska stridsmedel trots global nedrustning och förbud utgör ett allvarligt hot i både konflikter och det civila samhället. De incidenter som förekommit belyser de allvarliga konsekvenser dessa stridsmedel har för akutsjukvården. Vilket understryker behovet av förbättrad riskhantering, triagering, sanering samt efterfrågan på effektiva, generella och lättadministrerade läkemedel som kan lindra både akuta och långsiktiga effekter av kemisk exponering.

Studier visar att AI¹³-modeller har stor potential att i framtiden förbättra prediktionen av kemiska reaktioner, förutsäga toxiciteten hos kemikalier och därmed fungera som effektiva riskbedömningsverktyg och som ett viktigt verktyg i utvecklingen av nya motmedel för bland annat kemiska stridsmedel.¹⁴ AI visar stor potential att kunna förändra läkemedelsutvecklingen och kemisk

¹² <https://globalbiodefense.com/>

¹³ AI:Artificiell intelligens

¹⁴ <https://news.mit.edu/2025/generative-ai-approach-to-predicting-chemical-reactions-0903?>

¹⁴ Joung, J.F. *et al.* Electron flow matching for generative reaction mechanism prediction. Nature 2025. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09426-9>

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: KatastroftoxikologiMemo nummer/Number
FOI Memo 8981

innovation genom att möjliggöra ”skräddarsydd” design av nya kemiska substanser baserat på förutsägelser om deras molekylära egenskaper såsom receptor-interaktioner, toxicitet, absorption och distribution, vilket underlättar tidig identifiering av lovande läkemedelskandidater och minskar antalet djurförsök.¹⁵

Behovet av generella medicinska motmedel och breddspektrumterapi¹⁶ mot både kända och okända giftiga ämnen är fortsatt stort. För att minska hälsorisker är effektiv diagnostik, tidig identifiering av exponering och en systematisk riskbedömning centrala delar. Utveckling av ny provtagnings- och sensorutrustning bidrar till bättre detektion av kemiska ämnen och underlättar sanering efter kemiska incidenter. Det stärker skyddet för civilbefolkningen och ger medicinsk personal och räddningstjänst bättre förutsättningar att snabbt identifiera och behandla toxidrom.¹⁷

3.2 Medicinsk behandling

Utvecklingen av nya läkemedel mot kemiska hot bygger både på innovation och återanvändning av godkända läkemedel för nya ändamål (*repurposing*). Att skapa helt nya substanser är viktigt för att kunna möta hot som inte täcks in av befintlig medicinsk behandling, till exempel nya nervgaser eller biologiska toxiner. Samtidigt kan återanvändning av redan godkända läkemedel för nya ändamål erbjuda en betydande fördel vad gäller kostnadseffektivitet och tidsbesparing. Detta minskar tröskeln för implementering, vilket är särskilt viktigt för beredskapsplaneringen inom totalförsvaret, där snabba lösningar kan vara avgörande. En styrka i detta angreppssätt är att säkerhetsdata redan finns, vilket reducerar regulatoriska hinder och kan ge snabbare godkännanden. Det finns dock vissa svagheter med repurposing till exempel. risken med att använda läkemedel för nya ändamål som de inte är helt anpassade för kan göra dem mindre effektiva. Ett alltför stort fokus på återanvändning kan också minska viljan att utveckla helt nya läkemedel, något som på längre sikt kan bromsa innovationen. Lovande framsteg inom den medicinska forskningen som publicerats kring effekter av organofosforföreningar, nya antidoter mot cyanid- och nervgasförgiftningar samt läkemedel som exempelvis Bucillamin, som tros ha särskilt skyddade effekter på hjärnan, öppnar för fler medicinska motåtgärder som kan användas både civilt och militärt. På europeisk nivå har EU lanserat en ny strategi för medicinska motmedel som stärker katastrofberedskapen. Genom satsningar på forskning, lagerhållning och gemensam planering blir medlemsländerna bättre rustade för framtida kriser. Strategin omfattar risker som antibiotikaresistens, pandemier och AI-utvecklade hot, och visar en bred förståelse för framtidens utmaningar och komplexa hotbild. Geopolitisk instabilitet och risken för att olika aktörer använder nya kemiska eller biologiska vapen gör att både snabba lösningar och långsiktiga satsningar behövs. En strategi för att skapa förutsättningar till snabbare lösningar skulle kunna vara införande av ett undantagsregelverk för läkemedel liknande det i USA, det så kallade *Animal rule*.¹⁸ Regelverket möjliggör för FDA (amerikanska läkemedelsverket) att godkänna läkemedelsanvändning enbart baserat på effektdata från djurstudier i de fall kliniska studier på

¹⁴ Jeong K. BPS2025 - Predicting nerve agent toxicity using machine learning. Biophysical Journal 2024. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2024.11.1788>

¹⁴ Zitnik, M. AI-enabled drug discovery reaches clinical milestone. Nat Med 2025. <https://doi.org/10.1038/s41591-025-03832-2>

¹⁵ Srijit Seal *et al.* Machine learning for toxicity prediction using chemical structures: Pillars for success in the real world. Chem. Res. Toxicol. 2025. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.5c00033>

¹⁶ Behandling som fungerar på många olika typer av förgiftningar.

¹⁷ Toxidrom: symtomkomplex som är kopplade till olika typer av förgiftningar.

¹⁸ <https://www.fda.gov/emergency-preparedness-and-response/preparedness-research/animal-rule-information>

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: Katastroftoxikologi

Memo nummer/Number
FOI Memo 8981

människor bedöms oetiska eller omöjliga att genomföra, vilket är fallet för de flesta ämnen som utgör CBRN-hot¹⁹. För att kunna införa ett liknande undantag bör man kunna säkerställa att det endast används vid verifierade hot vilket i sin tur kräver att samverkan mellan försvar och civil sjukvård stärks för att kunna identifiera prioriterade CBRN-hot och läkemedelsbehov.

Här följer en kort sammanfattning av vetenskapliga publikationer, rapporter och större övningar inom området.

Träna för att hantera CBRN-hot

I maj genomfördes en av Sveriges största försvarsmedicinska övningar i Gamleby, där fokus låg på hantering av CBRN-hot. Sjukvårdsövning 25 genomfördes för att delar ur det civila försvaret; kommun, region, länsstyrelse och polis, skulle kunna träna och öva tillsammans med det militära försvaret. De övade på att ta hand om och transportera stora flöden av patienter och skadade, ett scenario som skulle kunna uppstå i händelse av kris eller krig.²⁰ I september arrangerade Sverige en nordisk totalförsvarsövning (RECCEX 25) för att stärka skyddet mot CBRNe-hot. Övningen ägde rum i Västerbotten och Västernorrland och pågick under två veckor. CBRNe-förband från Sverige, Norge, Danmark och Finland deltog tillsammans med civila aktörer inom totalförsvaret. Fokus låg på att öva den operativa förmågan att hantera CBRNe-hot genom realistiska scenarier, med särskild tonvikt på avancerad provtagning, analys och sanering i samarbete mellan olika resurser och aktörer.²¹

Effektiv behandling av cyanidförgiftning

En ny injicerbar cyanidantidot^{22,23} har utvecklats av US Army Medical Research Institute of Chemical Defense (USAMRICD). Forskare vid USAMRICD har utvecklat en injicerbar cyanidantidot som licensierats till Defender Pharmaceuticals för vidareutveckling. Denna antidot är avsett att administreras via en autoinjektor (likt EpiPen) och erbjuder en snabb och effektiv behandling vid cyanidexponering, vilket är särskilt viktigt vid masskadehändelser.

Simuleringsstudie om antidotdosering och strategier vid nervgasangrepp

En studie publicerad i *Frontiers in Public Health* har undersökt hur dos, timing och prehospitala strategier för antidoter påverkar överlevnaden vid masskadehändelser orsakade av nervgaser. Resultaten kan hjälpa till att optimera behandlingsprotokoll och rädda liv vid kemiska angrepp.²⁴

Bucillamin som skydd för hjärnan vid nervgasexponering

Det kanadensiska bolaget Revive Therapeutics²⁵ närmar sig slutförandet av en studie där läkemedlet Bucillamin testas som motmedel mot nervgaser, i samarbete med Kanadas försvarsdepartement.²⁶ Bucillamin fungerar som antioxidant och tros skydda hjärnan vid nervgasexponering. Studien kan leda till snabbgodkännande och en strategisk lagerhållning av läkemedlet för militärt och civilt

¹⁹ CBRN betyder på svenska: kemiska, biologiska, radiologiska och nukleära.

²⁰ <https://www.forsvarsmakten.se/sv/var-verksamhet/ovningar/avslutade-ovningar/okad-totalforsvarsformaga-sjukvardsovning-25/>

²¹ <https://www.forsvarsmakten.se/sv/aktuellt/2025/09/lyckad-nordisk-ovning-starkte-cbrne-skyddet/>

²² <https://www.armytimes.com/news/your-army/2025/05/16/army-researchers-develop-injectable-cyanide-antidote/>

²³ <https://dha.mil/News/2025/05/19/13/42/New-Cyanide-Countermeasure-Developed-at-USAMRICD-Reaches-Crucial-Milestone?>

²⁴ De Rouck, R. *et al.* Impact of antidote quantity, timing and prehospital strategies in nerve agent mass casualty events: a simulation study *Front. Public Health* 2025. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1640554>

²⁵ <https://revivetherapeutics.com/2025/05/revive-therapeutics-provides-update-on-research-study-evaluating-bucillamine-for-nerve-agent-exposure-4/>

²⁶ Defence R&D Canada - Suffield Research Centre ("DRDC"),

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: KatastroftoxikologiMemo nummer/Number
FOI Memo 8981

bruk.²⁷ Dessutom pågår planer för att undersöka användningen av Bucillamin vid traumatiska hjärnskador (TBI) till följd av stöt- och explosionstrauma samt vid virusinfektioner.

EU:s strategi för medicinska motmedel

EU har lanserat en ny strategi för medicinska motmedel inom Preparedness Union Strategy, för att stärka beredskapen mot framtida kriser, inklusive CBRN-hot. Fokus ligger på att utveckla nästa generations vacciner, antibiotika och antivirala läkemedel, samt motmedel för både civila och militära tillämpningar. Strategin betonar vikten av att underlätta innovation, tillgång till skyddsutrustning, beredskap mot hot som biologiska vapen, AI-utvecklade toxiner och masskadehändelser.²⁸

EU planerar även att lagerhålla viktiga resurser som vacciner, läkemedel och skyddsutrustning, samt att fördubbla investeringarna i HERA (Health Emergency Preparedness and Response) till 200 miljoner euro fram till 2027. En ny "Medical Countermeasures Accelerator" ska stötta företag i att utveckla ny teknik (stödja forskning och utveckling), och ett europeiskt nätverk för avloppsprovtagning ska bidra till tidig upptäckt av sjukdomsutbrott (prover samlas in på flygplatser). Under initiativet Medifence kommer EU att samarbeta med NATO:s planeringsgrupp för hälsofrågor (Joint Health Group) för att identifiera medicinska motmedel med *dual-use*, för både civilt och militärt bruk.²⁹

Forskningsatsning på förbättrade motmedel mot nervgaser

Det amerikanska försvarsdepartementet har initierat ett forskningsprogram för att utveckla förbättrade motmedel mot nervgaser, med syftet att höja standarden på den nuvarande vården och öka överlevnadsförmågan hos soldater som exponerats för nervgas. Målet är att få produkten godkänd av U.S. Food and Drug Administration (FDA).³⁰ Programmet, som finansieras genom JPEO-CBRND (Joint Program Executive Office for Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defense) och JPM CBRN Medical (Joint Project Manager for Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear Medical), ska utveckla ett avancerat antidotsystem mot nervgasförgiftning (RNATS) som bygger på återaktivering av enzymet acetylkolinesteras. Satsningen är värd över 53 miljoner dollar och sträcker sig över 6,5 år.

3.3 Personsanering

Vid händelser där människor har exponerats för farliga kemikalier kan personsanering vara en livräddande åtgärd. Detta gäller särskilt för kemikalier med låg flyktighet, då dessa ämnen stannar kvar på hud och kläder, vilket ökar risken för långvarig exponering och att en större mängd kemikalie tas upp via huden. Personsanering vid kemiska händelser kräver snabba insatser för att minimera allvarliga skador, vilket utgör en stor utmaning för prehospital och intrahospital sjukvård.

²⁷ <https://www.marketscreener.com/quote/stock/REVIVE-THERAPEUTICS-LTD-62465380/news/Revive-Therapeutics-Ltd-Nears-Completion-of-Key-Nerve-Agent-Countermeasure-Study-with-Canadian-Depa-50342992/>

²⁸ https://health.ec.europa.eu/publications/preparing-eu-next-health-crisis-medical-countermeasures-strategy_en

²⁹ [https://www.reuters.com/business/healthcare-pharmaceuticals/eu-aims-stockpile-critical-medical-supplies-future-crisis-2025-07-09/?](https://www.reuters.com/business/healthcare-pharmaceuticals/eu-aims-stockpile-critical-medical-supplies-future-crisis-2025-07-09/)

³⁰ <https://www.battelle.org/insights/newsroom/press-release-details/battelle-awarded-u.s.-department-of-defense-contract-to-develop-an-improved-nerve-agent-countermeasure>

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: KatastroftoxikologiMemo nummer/Number
FOI Memo 8981

Personsanering kan även vara avgörande för att förhindra potentiell risk för sekundärkontaminering av insats- och sjukvårdspersonal.

Här nedan följer ett urval av nyligen publicerade artiklar om personsanering. Flera av dessa tar upp nya tekniker och analysmetoder för sanering efter exponering, för både kemiska stridsmedel (såsom VX, senapsgas och lewisit) och industrikemikalier (t.ex. svavelsyra). Storbritannien har exempelvis infört en snabbare metod för personsanering, Initial Operational Response (IOR), som fokuserar på tidiga, livräddande åtgärder med improviserade metoder innan specialresurser anländer. MSB och Socialstyrelsen har inlett ett arbete för att stärka Sveriges förmåga till effektiv personsanering vid CBRN-händelser. I detta ingår praktiska metodförsök med saneringsmetoder från bland annat Storbritannien, USA och Norge, samt insamling av synpunkter från berörda aktörer³¹ för att främja samverkan och utveckling.

Nya analysmetoder för kemiska stridsmedel (VX, senapsgas och lewisit)

Vanligtvis kräver studier av hur nervgaser tränger igenom huden avancerade och dyra analysmetoder. Forskare har i en studie³² därför utvecklat en enkel och kostnadseffektiv fotometrisk metod baserad på acetylkolinesteras-hämning för att mäta mängden nervgas, här med VX som modellsubstans. Genom att kombinera enzymkinetiska data och använda Franz-diffusionsceller kunde man bedöma hur snabbt VX tränger igenom huden och hur effektiv saneringen var. Studien presenterar en robust, billig och användbar metod för att kvantifiera nervgaser och utvärdera hudpenetration och saneringseffektivitet vid nervgasexponering.

Senapsgas orsakar främst hudskador, vilket gör snabb och effektiv sanering av huden avgörande för att minska upptaget och skador. En aktuell studie utförd av forskare på FOI har undersökt olika alternativ för effektiv personsanering efter senapsgasexponering på hud.³³ Både enkla procedurer och den specifika personsaneringsprodukten RSDL³⁴ resulterade i avsevärt minskad penetration av ämnet genom huden. Studien konkluderar att torr borttagning före våtsanering är effektiv, särskilt när specifika saneringsprodukter saknas på platsen, samt att detta kan vara användbart i kalla temperaturer för att undvika hypotermi. Om resurser finns, kan upprepad sanering med RSDL vara ännu mer effektiv för att minska hudpenetration av senapsgas.

En amerikansk studie utvecklade en skumbaserad behandling mot lewisit med kitosan-nanopartiklar som snabbt sanerar huden efter exponering och levererar läkemedlet 4-PBA för att minska cellskador.³⁵ Formuleringen visade över 70 % saneringseffektivitet och gav starkt skydd mot hudskador och inflammation i djurförsök, vilket tyder på klinisk användbarhet. Under 2025 genomfördes ytterligare en studie med målet att utveckla ett saneringsmedel mot lewisit, i kombination med en antidot, för att underlätta omhändertagandet av drabbade patienter.³⁶ Resultaten

³¹ Personal inom kommunala, regionala och statliga aktörer som är delaktiga i eller stödjer skadeplatsnära hantering av CBRN på olika sätt.

³² Schwab, A *et al.* A simple acetylcholinesterase inhibition assay for the quantification of the nerve agent VX: Application in a Franz cell model with rat skin and various decontaminants. *Toxicol Lett.* 2025. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2025.01.002>.

³³ Höjer Holmgren K. *et al* Skin penetration and decontamination efficacy following in vitro human skin exposure to sulfur mustard. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2025.07.1412>

³⁴ RSDL: Reactive Skin Decontamination Lotion

³⁵ Ghosh, M. *et al.* Sustained delivery of 4-phenylbutyric acid via chitosan nanoparticles in foam for decontamination and treatment of lewisite-mediated skin injury. *Int. J. Pharm* 2025. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2025.125928>

³⁶ Bhattacharjee, S.A. *et al.* Topical foam for simultaneous treatment and decontamination of chemical warfare agents on dermal exposure. *AAPS PharmSciTech* 2025. <https://doi.org/10.1208/s12249-025-03177-6>

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: Katastroftoxikologi

Memo nummer/Number
FOI Memo 8981

från studien är dock svåra att tolka, eftersom man använde sig av similiämnen istället för lewisit, och inte kunde påvisa någon tydlig effekt av antidoten, annat än att den trängde igenom det yttersta hudlagret.

Jämförelse av torr och våt sanering efter kemisk kontaminering

Studien jämförde två vanliga metoder för hudsanering efter kemisk kontaminering: 15 minuters sköljning med vatten, och mekanisk rengöring med mikrofiberduk – våtservett – mikrofiberduk (utan vatten).³⁷ Försökspersonernas underarmar beströks med ett fluorescerande testämne som simulerade kemisk kontaminering. Hudyterna fotograferades före och efter sanering, både i vanligt ljus och under UV-ljus, för att bedöma mängden kvarvarande förorening. Resultaten visade att båda metoderna tog bort synlig kontaminering i vanligt ljus, men under UV-ljus syntes mindre rester efter sanering med vatten än efter den torra metoden. Slutsatsen i denna studie var alltså att sköljning med vatten var mer effektiv för att avlägsna hudkontaminering än sanering utan vatten.

Sanering efter exponering för svavelsyra

Studien undersökte effektiviteten hos olika akuta saneringsmetoder vid hudexponering för koncentrerad svavelsyra (>99 %), ett allvarligt problem vid så kallade syraattacker som kan ge livslånga fysiska och psykiska skador.³⁸ Studien visar att koncentrerad svavelsyra orsakar hudskador inom 10 sekunder och att saneringseffektiviteten snabbt minskar med tiden. Våt sanering, enbart eller kombinerad med torr sanering, var mest effektiv, men inget skydd kunde påvisas efter mer än 30 sekunders exponering. Effektiv sanering i fält bedöms därmed som praktiskt omöjlig vid så snabb skadeutveckling.

Personsaneringsstrategi i Storbritannien

I Storbritannien har fokus gått från att förlita sig på tidskrävande massaneringsenheter till en snabbare och mer flexibel ”Initial Operational Response” (IOR). Denna förändring, baserad på ny kunskap om improviserade metoder, syftar till att snabbt sanera drabbade och minska skaderisker innan specialresurser anländer. IOR ger räddningstjänsten och allmänheten vägledning om snabba åtgärder vid en incident, där prioritet ges till livräddande insatser oavsett orsak. Specialresurser kan senare ta över och utföra en mer omfattande sanering vid behov. IOR bygger på tre ”remove”-principer: flytta bort den drabbade från källan, ta av förorenade kläder och avlägsna ämnet med improviserade saneringsmetoder (torr borttagning). En studie från 2025 har undersökt den sista principen med improviserade saneringsmetoder.³⁹ Sammanfattningsvis visar studien på övergripande fördelar med att använda både improviserad och utökad sanering i följd. Resultaten visar konsekvent att improviserade metoder ensamma var mindre effektiva för svåråtkomliga områden och att användning av utökad sanering efter improviserade metoder förbättrade effektiviteten i dessa områden. Studien stödjer en tvåstegsstrategi där räddningspersonal inleder med improviserad

³⁷ Whalen, M.J *et al.* Skin decontamination with and without water irrigation. *Disaster Med Public Health Prep.* 2024. <https://doi.org/10.1017/dmp.2024.118>.

³⁸ Matar, H. *et al.* Evaluation of emergency skin decontamination protocols in response to an acid attack (vitreolage). *Burns* 2024. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2024.07.003>

³⁹ Davidson L *et al.* Mass casualty decontamination following a chemical incident: evaluating improvised and interim decontamination protocols in a controlled cross-over volunteer study. *Emerg Med J.* 2024. <https://doi.org/10.1136/emmermed-2024-214221>.

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: KatastroftoxikologiMemo nummer/Number
FOI Memo 8981

sanering och därefter används utökad sanering när ytterligare resurser blir tillgängliga, för att säkerställa den mest effektiva saneringen på skadeplatsen.

Metodförsök för personsanering

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) och Socialstyrelsen har inom pågående utveckling för höjd beredskap påbörjat ett arbete med syftet att nå en robustare och effektivare personsanering. För att uppnå en god förmåga krävs samverkan mellan aktörerna⁴⁰ i den skadeplatsnära hanteringen av CBRN-ämnen över hela hotskalan. Det förutsätter samarbete med berörda aktörer redan tidigt i utvecklingsarbetet. De bjuder därför in till metodförsök för att praktiskt prova metoder för personsanering som används i England, USA och Norge, samt samla in synpunkter, frågor och förslag från berörda aktörer.⁴¹

3.4 Fysiskt skydd och sanering

Ett effektivt skydd är en grundförutsättning för att kunna hantera CBRN-händelser. Utan fungerande skyddsutrustning äventyras både räddningsinsatser, vårdpersonalens säkerhet och samhällets samlade beredskap. Behovet av pålitlig, hotanpassad utrustning blir därmed strategiskt viktigt både för totalförsvarets civila och militära delar. En nationell upphandling av CBRN-utrustning har påbörjats för att stärka hälso- och sjukvårdens beredskap mot farliga ämnen, med planerad avtalsstart den 1 januari 2026. Ramavtalet baseras på FOI:s rapport som tagits fram inom regeringsuppdraget att snabbt förbättra vårdens CBRN-förmåga. FOI har även publicerat en marknadsinventering av andningsskydd 2024, som kartlägger aktuella tillverkare och modeller av masker, skyddshuvor och filter (se nedan).

Trots internationella ansträngningar att förbjuda användning av kemiska stridsmedel kvarstår risken, vilket gör det nödvändigt att utveckla universella saneringsmetoder som kan neutralisera ett brett spektrum av kemiska stridsmedel i olika form, såsom vätskor, pulver och andra formuleringar. Nya högpresterande adsorbenter kan öka skyddsnivån i den personliga skyddsutrustningen genom att effektivare blockera kemiska stridsmedel. Samtidigt innebär utvecklingen av termofysiska metoder för att neutralisera ämnen som sarin, VX och senapsgas nya möjligheter för sanering, destruktion och miljösäker hantering av farliga ämnen. Detta kan i förlängningen minska både de akuta och långsiktiga riskerna. I en översiktsstudie från Slovenien har man granskat både väl etablerade och nya framväxande saneringstekniker, och lyft fram deras respektive styrkor och begränsningar som påverkar den praktiska användningen.⁴²

Här följer en kort sammanfattning av vetenskapliga publikationer och rapporter inom området.

CBRN-utrustning 2025

En nationell upphandling av CBRN-utrustning har initierats för att stärka hälso- och sjukvårdens beredskap vid händelser med farliga ämnen. Planerad avtalsstart är den 1 januari 2026. Det kommande ramavtalet kommer att omfatta den rekommenderade CBRN-utrustning som kravställdes

⁴⁰ Personal inom kommunala, regionala och statliga aktörer som är delaktiga i eller stödjer skadeplatsnära hantering av CBRN på olika sätt.

⁴¹ <https://www.msb.se/sv/aktuellt/kalender/2025/oktober/metodforsok-personsanering-cbrn/>

⁴² Labaska *et al.* Neutralizing the threat: A comprehensive review of chemical warfare agent decontamination strategies. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.114243>

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: Katastroftoxikologi

Memo nummer/Number
FOI Memo 8981

i FOI:s rapport. FOI-rapporten innefattade en slutleverans till Socialstyrelsen inom regeringsuppdraget att skyndsamt stärka hälso- och sjukvårdens förmåga att hantera händelser med vissa farliga ämnen.⁴³

Marknadsinventering av andningsskydd

I FOI-rapporten *Marknadsinventering av andningsskydd 2024* presenteras, som en marknadsöversikt för 2024, en sammanställning över tillverkare och modeller av andningsskydd i form av tätsittande helmasker klass 3, skyddshuvor samt aktiva och passiva flykthuvor. I en värld där nya företag bildas och äldre köps upp eller läggs ned i snabb takt, finns ett behov av att med jämna mellanrum se över den aktuella tillgången på olika andningsskydd och filter.⁴⁴

Förbättrade adsorbenter för kemiska stridsmedel

Forskare har utvecklat högpresterande adsorbenter baserade på aktivt kol och ytbehandlade porösa polymerer för att effektivt fånga upp kemiska stridsmedel. Dessa material kan användas i skyddsutrustning som masker och dräkter för att förhindra inandning och hudexponering för farliga ämnen.⁴⁵

Termofysiska behandlingsmetoder för neutralisering av kemiska stridsmedel

En översiktsartikel publicerad i *Environmental Science: Advances* sammanfattar olika termofysiska metoder för att neutralisera kemiska stridsmedel som senapsgas, sarin och VX. Dessa metoder inkluderar förbränning, våt luftoxidation, användning av metall-organiska ramverk (MOF) och katalysatorer som alla omvandlar farliga kemikalier till mindre skadliga nedbrytningsprodukter.⁴⁶

Nytt sätt att sanera utrustning

Efter en incident med kemiska stridsmedel är effektiv sanering av miljön och alla utsatta föremål avgörande. Traditionella blekmedelsbaserade metoder har vissa begränsningar, eftersom att de ger upphov till materialskador, har hög toxicitet, samt reagerar och bildar farliga biprodukter. En ny strategi kan vara att använda den biologiskt nedbrytbara jonvätskan choliniumacetat (ChIAce), som visat sig kunna neutralisera similiämnen till kemiska stridsmedel, såsom DMMP och CEES⁴⁷ vid rumstemperaturer. Tillsammans med kolinhydroxid ger ChIAce en snabb neutralisering av similiämnena med mindre toxiska biprodukter, vilket erbjuder en säkrare och enklare metod än nuvarande saneringsmetoder.⁴⁸

⁴³ <https://www.adda.se/upphandling-och-ramavtal/planerade-och-pagaende-upphandlingar/nationellt-ramavtal-for-cbrn-utrustning-och-produkter>

⁴⁴ Marknadsinventering av andningsskydd 2024 – Tätsittande helmask klass 3, skyddshuvor samt aktiva och passiva flykthuvor. FOI-R--5731—SE. 2025.

⁴⁵ Park S. *et al.* Enhanced performance of highly activated carbon and surface-treated porous polymers as physical adsorbents for chemical warfare agents. 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.08802>

⁴⁶ Boddu V. *et al.* Thermophysical treatment technologies for chemical warfare agents sulfur mustard, sarin, and nerve agent VX – a review. 2025. <https://doi.org/10.1039/D5VA00071H>

⁴⁷ DMMP: dimethyl methylphosphonate, CEES: 2-chloroethyl ethyl sulfide

⁴⁸ Sequestration and Decontamination of Chemical Warfare Agent Simulants by Ionic Liquids. <https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2025-kl000>. Ej peer-reviewed granskad, pre-print

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: KatastroftoxikologiMemo nummer/Number
FOI Memo 8981

4 Utveckling och viktiga områden


Genom den forskning som bedrivs vid FOI, och i samarbeten med akademiska lärosäten samt motsvarande internationella försvarsforskningsinstitut, strävar KcC efter att öka kunskapen om både befintliga och nya hot mot samhället. Med stöd av insikter från omvärldsbevakningen⁴⁹ tillämpas och anpassas forskningen för att bidra till en förbättrad och stärkt beredskap.

4.1 Utvecklingsprojekt inom katastroftoxikologi

Socialstyrelsen finansierar utvecklingsprojekt vid FOI, som startade 2024 och pågår fram till och med 2026, för att upprätthålla expertis och utveckla kunskapen inom det katastroftoxikologiska området. Huvudsyftet med denna verksamhet är att bidra till totalförsvarsplaneringen inom hälsa, vård och omsorg vid allvarliga kemiska händelser, och därmed bidra till att stärka det civila försvaret i Sverige. Det som ligger till grund för denna verksamhet är bland annat den potentiella hotbild rörande C-händelser som beskrivs i Handlingskraft (Försvarsmakten och MSB, 2021).⁵⁰

Resultaten från utvecklingsprojekten kommer på sikt bidra till att stärka beredskapen, bland annat genom framtagande av nya operativa rutiner, dimensionering av beredskapsförmåga samt förbättrad planering. Genom deltagande i nationella och internationella forskarnätverk, där gemensamma forskningsfrågor behandlas, främjas kunskapsutbyte och möjligheten till gemensamma vetenskapliga publikationer.

Verksamheten svarar upp mot två specifika delmål:

1.		Stärka kunskapen om kemiska hot och effekter samt förbättra och validera strategier för medicinsk behandling av skador från toxiska industrikemikalier, nervgifter och nya potentiella hotämnen.
----	---	--

Organiska fosforföreningar (OP) är mycket giftiga och hämmar enzymet acetylcholinesteras (AChE). Nuvarande läkemedel för att återaktivera AChE har varierande behandlingseffekt, vilket gör utveckling av nya bredspektriga motmedel angelägen. FOI har utvecklat biologiska metoder för att kunna testa effektiviteten hos nya läkemedel mot OP-förgiftningar med lovande resultat. I syfte att hitta biomarkörer för snabb och icke-invasiv diagnostik av förgiftningar har flyktiga organiska föreningar (VOCs) i utandningsluft studerats efter nervgasexponering. Liknande studier pågår även med senapsgas. Utvecklingsarbetet omfattar även förbättrad behandling av skador från klor- och ammoniakexponering, där befintliga läkemedelskandidater visat sig kunna skydda och reparera cellmembran. Studierna bidrar till bättre diagnostik och behandling av förgiftningar med kemiska stridsmedel och industrikemikalier, vilket stärker både medicinsk vård och svensk krisberedskap. Målet är även att förbättra kunskapen kring tolkning av symtomkomplex⁵¹ vid förgiftningar, för bättre hantering av kemikalieexponeringar.

⁴⁹ Omvärldsbevakning 2024: Katastroftoxikologi. Memo 8515. 2024.

⁵⁰ <https://www.forsvarsmakten.se/siteassets/2-om-forsvarsmakten/dokument/handlingskraft.pdf>

⁵¹ <https://lakemedelsboken.se/terapiomraden/akutmedicin/akuta-forgiftningar/toxidrom/>

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: KatastroftoxikologiMemo nummer/Number
FOI Memo 8981

2.



Utveckla metoder för personsanering av hudgenomträngande kemikalier för att förbättra rutiner vid omhändertagande av exponerade personer.

Fokus inom personsanering ligger på att utvärdera effektiviteten hos saneringsmetoder och riskerna för sekundärkontaminering vid hantering av patienter exponerade för nervgaser via huden. VX, en mycket giftig och lågflyktig organisk fosforförening, tränger lätt igenom huden och orsakar systemtoxiska effekter om inte sanering inleds snabbt. FOI har studerat VX-penetration i human hud och visat att ämnet kvarstår som depå i hudens ytskikt flera timmar efter exponering. Resultaten understryker vikten av skyddshandskar och snabb sanering, där torr borttagning följt av användning av effektiva saneringsmedel som RSDL rekommenderas, då det visat sig bättre än enbart tvål och vatten. Studien ingår i ett samarbete med den franska försvarsforskningsorganisationen IRBA, med kompletterande studier planerade för 2025–2026 för att verifiera resultaten. FOI:s ingående studier om personsanering av VX, inklusive effektiviteten hos olika saneringsmedel och effekter vid låga temperaturer, har lett till nya svenska saneringsrekommendationer.⁵²

4.2 Beredskap mot kemiska hot

Sverige har ett konstant behov av att förstå och bedöma både befintliga och nya kemiska hot. En central del av samhällets krisberedskap är läkemedelsberedskap, vars syfte är att skydda folkhälsan och säkerställa att hälso- och sjukvården kan upprätthålla sin verksamhet även under kriser, katastrofer och krig.

När det gäller beredskap mot nervgasförgiftningar är det särskilt viktigt att säkerställa tillgången till akut sjukvårdsbehandling inklusive effektiva antidoter. Detta kräver robusta system och läkemedelslager som kan förse sjukvården och befolkningen med nödvändiga läkemedel, även vid avbrott i leveranskedjan eller andra störningar.⁵³ För att minska sårbarheten är det avgörande att minska beroendet av utländska leverantörer och att Sverige har ett beredskapslager av viktiga läkemedel. Samtidigt behövs det också ett starkt internationellt samarbete för att underlätta resursdelning mellan länder vid globala kriser.

⁵² Socialstyrelsen. Händelser med kemikalier. Kunskapsunderlag för hälso- och sjukvården. Uppdatering av dokument från 2009 pågår.

⁵³ Omvärldsbevakning 2024: Katastroftoxikologi. Memo 8515. 2024.

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: KatastroftoxikologiMemo nummer/Number
FOI Memo 8981

Utbildning i hantering av kemiska händelser

Som en del av regeringsuppdraget till Socialstyrelsen under 2024 (S2024/01006) har myndigheten tillhandahållit utbildningar för att stärka sjukvårdens beredskap vid CBRN-händelser (kemiska, biologiska, radiologiska och nukleära hot). För mer information, se Omvärldsanalys 2024: Katastroftoxikologi, FOI Memo 8602. Utbildningarna erbjuds på olika nivåer:

- Nivå 1. CBRNE – en introduktion till farliga ämnen (MSB webbkurs⁵⁴)
- Nivå 2. Omhändertagande i Riskfylld Miljö (ORM) (Umeå Universitet⁵⁵)
- Nivå 3. AHLS – advanced hazmat life support (Karolinska Institutet⁵⁶)
- Nivå 4. Instruktörsutbildning Omhändertagande av CBRN-skadade vid akutmottagning (OSA) (Folkhälsomyndigheten, FOI ⁵⁷)

4.3 Viktiga utvecklingsområden att bevaka

En central utmaning inom katastroftoxikologi är att händelserna ofta inträffar plötsligt, med begränsad initial information om vilket ämne som orsakat exponeringen. Det kan handla om allt från industriolyckor och utsläpp till avsiktliga attacker med kemiska stridsmedel eller nya, tidigare okända kemikalier. De toxikologiska profilerna för dessa ämnen kan vara ofullständigt kända, vilket försvårar både diagnostik och behandling. Ytterligare en utmaning är att exponering ofta sker i komplexa miljöer där flera kemikalier kan samverka, och där både akuta och långsiktiga hälsoeffekter måste beaktas. Detta kräver snabba riskvärderingar och beslut rörande evakuering, behandling, personsanering och skyddsutrustning, för att möta de hot som nya kemiska ämnen kan innebära. Bland de prioriterade områden (se figur nedan) som lyfts fram i årets rapport är AI och dess tillämpningar.

Prioriterade utvecklingsområden att bevaka framöver				
 AI och digitalisering	 Toxidrom	 Förbättrade behandlingsstrategier	 Nya kemiska hotämnen	 Personsanering och skydd
Följa och utvärdera användningen av artificiell intelligens inom medicinsk analys, diagnostik och beslutsstöd.	Fördjupa kunskapen om toxidrom och hur dessa kan användas för snabb identifiering av exponering.	Utveckling av nya medicinska motmedel och optimerade behandlingsprotokoll.	Identifiering av nya substanser och framtagning av effektiva behandlingsstrategier.	Nya tekniker för sanering och fysiskt skydd av personal.

Vi har tidigare⁵⁸ sett att användningen av AI för utveckling av nya kemiska ämnen, riskbedömning av kemikalier samt identifiering av potentiella mål för nya läkemedel är viktiga forskningsområden som vårt kunskapscentrum kontinuerligt bör bevaka. Behovet av effektiva och generella medicinska

⁵⁴ <https://www.msb.se/sv/utbildning--ovning/alla-utbildningar/cbrne--en-introduktion-till-farliga-amnen--webbkurs/>

⁵⁵ <https://www.ormconcept.se/>

⁵⁶ <https://utbildning.ki.se/uppdragsutbildning/kursutbud/advanced-hazmat-life-support-ahls-provider-ht25>

⁵⁷ <https://www.foi.se/forskning/forskningsomraden/cbrn-fragor/skydd/cbrn-akutsjukvard.html>

⁵⁸ Omvärldsanalys 2024: Katastroftoxikologi. FOI Memo 8602

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: KatastroftoxikologiMemo nummer/Number
FOI Memo 8981

motmedel mot kemiska hotämnen är stort. Forskning fokuserar på att utveckla bredspektrum-behandlingar⁵⁹ som kan hantera både kända och ännu okända giftiga ämnen, inklusive nervgifter och industrikemikalier. Samtidigt är diagnostik och tidig identifiering av exponering avgörande för att optimera behandlingsinsatser. Det finns ett behov av mer systematiserade metoder för att bedöma risker och effekter av kemiska ämnen på människor och miljö, där AI förväntas spela en central roll genom att snabbt analysera stora datamängder och kunna förutsäga toxicitet och andra egenskaper. Med utveckling av ny diagnostik- och analysutrustning kan det bli enklare att identifiera och karakterisera toxidrom. Eftersom toxidrom och deras förekomst sannolikt förändras i takt med utvecklingen av nya kemiska hot, är det viktigt att kompetens och förmåga hos medicinsk personal och räddningstjänstpersonal kontinuerligt uppdateras för att effektivt kunna identifiera och behandla förgiftningar.^{60,61} Snabb och tillförlitlig identifiering av kemiska hotämnen är avgörande för att kunna begränsa skador och genomföra effektiva saneringsinsatser. Under 2025 har det skett fortsatt forskning och utveckling av nya metoder för provtagning och sensorer som kan ge omedelbar indikering av kemiska ämnen på plats, vilket möjliggör snabbare respons vid incidenter och förbättrar skyddet av civilbefolkningen.

Ett utvecklingsområde för kemisk och farmaceutisk innovation är tillämpningar av AI och maskininlärning, något som gått kraftigt framåt under 2025. AI-modeller utvecklas för att kunna förutsäga molekylära egenskaper som toxicitet, absorption och distribution, vilket underlättar identifieringen av lovande läkemedelskandidater⁶² och samtidigt minska antalet djurförsök.⁶³ Forskare vid MIT har utvecklat FlowER, en generativ AI-modell som förbättrar förutsägelser av kemiska reaktioner genom att integrera fysikaliska lagar, såsom massbevarande. Denna metod ger mer realistiska och tillförlitliga resultat, vilket är avgörande för syntes av nya läkemedel och material.^{64,65} Forskare vid Korea Military Academy har utvecklat en AI-modell som visat sig kunna förutsäga toxiciteten hos nervgaser, inklusive novitjok.⁶⁶ Modellen visade god förmåga att prediktera toxiciteten hos samtliga ämnen på kemvapenkonventionens lista över kemiska stridsmedel, vilket gör den till ett potentiellt verktyg för att kunna identifiera nya farliga kemikalier.

En risk med AI-modeller som lyfts fram som alarmerande allt mer de senaste åren är att de kan potentiellt användas av lekmän för att ta fram nya tillverkningsmetoder för giftiga substanser, med avsikt att använda dessa i skadliga syften. Dock finns det fortfarande många tekniska och praktiska hinder som måste övervinnas innan sådana AI-modeller kan användas effektivt och säkert, utan mycket goda kemiska kunskaper.

⁵⁹ Behandling som fungerar på många olika typer av förgiftningar.

⁶⁰ Hoffman RJ, Nillas A. Toxidromes and a general approach to poisoning. Arch Dis Child 2025. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2024-326969>

⁶¹ Vodovar, D *et al.* Using toxidromes in the ICU. Intensive Care Med 2025. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07777-x>

⁶² <https://www.reuters.com/business/healthcare-pharmaceuticals/lilly-launches-ai-powered-platform-accelerate-drug-discovery-2025-09-09/>

⁶³ Srijit Seal *et al.* Machine learning for toxicity prediction using chemical structures: Pillars for success in the real world. Chem. Res. Toxicol. 2025. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.5c00033>

⁶⁴ <https://news.mit.edu/2025/generative-ai-approach-to-predicting-chemical-reactions-0903?>

⁶⁵ Joung, J.F. *et al.* Electron flow matching for generative reaction mechanism prediction. Nature 2025. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09426-9>

⁶⁶ Jeong, K. BPS2025 - Predicting nerve agent toxicity using machine learning. Biophysical Journal 2024. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2024.11.1788>

Titel/Title
Omvärldsanalys 2025: KatastroftoxikologiMemo nummer/Number
FOI Memo 8981

Samtidigt har AI-design av läkemedel nått en ny milstolpe: för första gången har ett AI-designat läkemedel, Rentosertib, nått fas två i kliniska prövningar för idiopatisk lungfibros.⁶⁷ Från förbättrade reaktionsförutsägelser och läkemedelsdesign⁶⁸ till framsteg inom kliniska prövningar och växande läkemedelsmarknad, visar dessa framsteg tydligt AI:s potential att påskynda och förändra läkemedelsutveckling och kemisk forskning.⁶⁹ AI framstår som en teknologisk viktig innovation med både stora möjligheter och potentiella risker inom området. AI kan exempelvis användas för att designa nya molekyler och förutsäga struktur-aktivitetssamband, vilket kan leda till upptäckter av nya läkemedel, men också skapa nya kemiska eller biologiska hot, exempelvis inom syntetisk biologi.⁷⁰ Detta understryker behovet av fortsatt vaksamhet och kontinuerlig kompetensutveckling för att förebygga missbruk och skapa förmåga att på ett säkert sätt hantera framtida hot.

Under året har Kunskapscentrumet aktivt deltagit i nationella och internationella nätverksträffar inom området C-hot, vilket har stärkt både kompetens och beredskapsförmåga. Deltagandet vid konferenser som exempelvis Kem2025⁷¹, C-nätverkets stormöte⁷², Bundeswehrs medicinska konferens⁷³ och CBRNe-symposiet⁷⁴, har gett centrumet en bredare förståelse för aktuella och potentiella kemiska hot, inklusive hantering av okända prover, medicinska motåtgärder vid nervgasförgiftning och behandling av förgiftningar med till exempel opioider och senapsgas. Slutsatserna från nätverksträffarna är att Kunskapscentrumet behöver fortsätta stärka sin kompetens och beredskap inom kemiska hot, särskilt när det gäller hantering av okända ämnen, medicinska motåtgärder och internationellt utbyte av kunskap.

⁶⁷ Zitnik, M. AI-enabled drug discovery reaches clinical milestone. *Nat Med* 2025. <https://doi.org/10.1038/s41591-025-03832-2>

⁶⁸ Innebär att man bygger kemiska system av standardiserade byggstenar som kan kombineras på olika sätt för att skapa nya strukturer eller funktioner. Kan även kallas fragmentbaserad läkemedelsdesign.

⁶⁹ <https://www.mavatar.com/>

⁷⁰ Pannu J. *et al.* (2025) Dual-use capabilities of concern of biological AI models. *PLoS Comput Biol* 21(5): e1012975. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1012975>

⁷¹ <https://kem2025.se/> Helsingborg 2025

⁷² C-NÄTVERK – Nätverk för kemiska analyser vid kris ett projekt finansierat av MSB (2:4 anslag).

⁷³ 19th Medical Chemical Defence Conference, Munchen, Tyskland 2025

⁷⁴ The 15th CBRNe Protection Symposium and the Exhibition of CBRNe protection equipment, Malmö 2025