

Beställare

**Tekniska kontoret,
Jönköpings kommun**

Dokumenttyp

Riskutredning

Version

1

Datum

2025-05-09 rev 2025-05-28

Rev

1

Ändringen avser

Samhällsrisk, åtgärder och
slutsatser

Datum

2025-05-28

Sign

LEM

Riskutredning

Bankeryd Äldre- och gruppboende



Riskutredning

Bankeryd Äldre- och gruppboende

Projektnamn **Bankeryds äldreboende - Brandskydd**
Projekt nr **1320074052**
Mottagare **Tekniska kontoret, Jönköpings kommun**
Dokumenttyp **Riskutredning**
Version **1**
Datum **2025-05-09 rev 2025-05-28**
Förberett av **Lea Elhokayem**
Kontrollerad av **Erik Bryngelsson**
Christian Pelo
Godkänd av **Christian Pelo**
Fastighet **Sjöåkra 4:1**

Ramboll
Lokgatan 8
211 20 Malmö

T +46 (0) 10 615 60 00

Innehållsförteckning

Förkortningar	3
1. Inledning	4
1.1 Allmän information	4
1.2 Omfattning och avgränsning	5
1.3 Räddningstjänstens insats	5
1.4 Kravbild	6
1.5 Områdesbeskrivning och planerad bebyggelse	6
1.6 Väderdata	8
2. Metodik för riskhantering	10
2.1 Riskhanteringsprocessen	10
2.2 Metodik för riskidentifiering	10
2.3 Metodik för riskanalys	10
2.4 Metodik för riskvärdering och riskreducerande åtgärder	11
3. Riskidentifiering	12
3.1 Skyddsvärda objekt	12
3.2 Riskkällor	12
3.3 Olycksscenarier	12
3.4 Brandfrekvens och sannolikheter	14
3.5 Indata	15
3.6 Utdata	16
4. Riskanalys	16
4.1 Scenario 1,2, och 3 – mindre och kontrollerade bränder	16
4.2 Scenario 4 – Explosion	16
4.3 Scenario 5 – Utsläpp av giftiga gaser (batteribrand)	17
4.4 Scenario 6 – Strålning (batteribrand)	20
4.5 Scenario 7 – Utsläpp av giftiga gaser (brand i däcklager)	21
4.6 Scenario 8 – Strålning (brand i däcklager)	24
5. Riskvärdering	24
5.1 Individrisk	24
5.2 Samhällsrisk	25
5.3 Osäkerhet	26
6. Känslighetsanalys	26
6.1 Brand i byggnaden på Sjöåkra 1:5	27
6.2 Brand i byggnaden på Sjöåkra 1:10	30
7. Åtgärdsförslag	30
7.1 Skyddsavstånd	30
7.2 Disposition av planområde	31
7.3 Placering av friskluftsintag	31
7.4 Utformning av fasaden och taket	31
7.5 Skyddsmur	33
7.6 Utbildning av personal och rutin vid nödsituation	33
8. Sammanfattning	34
9. Slutsatser	34
Referenser	36
Bilaga 1 – Beräkningar	39
9.1 Termisk nedbrytning av blybatterier	39
9.2 Konsekvensberäkningar	39
9.3 Dödlighet	45

Bilagor

Bilaga 1 - Beräkningar

Förkortningar

SMHI - Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut

MSB – Myndighet för samhällsskydd och beredskap

DNV – Det Norske Veritas

Se <https://www.dnv.com/about/>

ALARP - As Low As Reasonably Practicable.

NIOS – The National Institute for Occupational Safety and Health

LOC - Level of Concern

Det är en koncentrations över vilken exponering för ett ämne förväntas orsaka negativa hälsoeffekter — särskilt för känsliga grupper i befolkningen. Det är ämnesspecifikt och situationsberoende.

IDLH – Immediately Dangerous to Life or Health

IDLH-värdet är den högsta luftburna koncentrationen av ett ämne som en frisk person kan utsättas för i upp till 30 minuter utan att drabbas av:

- Symtom som försvårar utrymning
- Oåterkalleliga hälsoskador
- Dödsfall

Värdet är ämnesspecifikt.

ERPG -3 (Emergency Response Planning Guidelines)

Den högsta luftburna koncentration under vilken nästan alla individer kan exponeras i upp till 1 timme utan att uppleva eller utveckla livshotande hälsoeffekter.

ERPG -2

Den högsta luftburna koncentration under vilken nästan alla individer kan exponeras i upp till 1 timme utan att uppleva eller utveckla oåterkalleliga eller andra allvarliga hälsoeffekter, eller symtom som kan försämra individens förmåga att vidta skyddsåtgärder.

ERPG -1

Den högsta luftburna koncentration under vilken nästan alla individer kan exponeras i upp till 1 timme utan att uppleva mer än milda, övergående negativa hälsoeffekter, eller utan att uppfatta en tydligt obehaglig lukt.

1. Inledning

1.1 Allmän information

1.1.1 Syfte

Bankeryd äldreboende och gruppboende planeras att uppföras på fastigheten Sjöåkra 4:1 i Jönköpings kommun. Den planerade bebyggelsen kommer att ligga i anslutning till en industri med hög brandbelastning. Med hänsyn till lagen om skydd mot olyckor (LSO) ska en riskutredning för scenario industribrand på grannfastighet tas fram. Riskutredningen ska utgöra underlag till detaljplanen för att bedöma fastighetens lämplighet för den planerade användningen.

Uppdraget syftar till att utreda olycksrisker och säkerställa att dessa kan hanteras på ett tillfredsställande sätt. Målet är att beskriva och bedöma den föreslagna markanvändningens lämplighet ur ett olycksriskperspektiv samt vid behov föreslå riskreducerande åtgärder som kan bli aktuella att vidta i detta avseende.

1.1.2 Revideringar

Denna handling utgör en andra version.

Tabell 1. Handlingshistorik

Version	Datum	Upprättad av	Granskat av	Godkänd av
1	2025-05-28	Lea Elhokayem	Christian Pelo	Christian Pelo
0	2025-05-09	Lea Elhokayem	Christian Pelo	Christian Pelo
GH	2025-05-05	Lea Elhokayem	Erik Bryngelsson Christian Pelo	Christian Pelo

Text som utgår har markerats som genomstruken.

EXEMPEL denna text gäller inte

Text som tillkommer har markerats genom understrykning.

EXEMPEL detta är ny text

Ändrade textstycken har angetts med en vertikal linje vid sidan om det ändrade textstycket.

Exempel på kantmarkering

Följande revideringar har genomförts:

- Samhällsrisk inom känslighetsanalys
- Åtgärder
- Slutsatser

1.1.3 Kvalitetssystem

Denna handling omfattas av internkontroll i enlighet med Ramboll:s kvalitetssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001. Detta innebär t.ex. att granskning alltid sker av förutsättningar och redovisade lösningar av brandskyddet.

1.1.4 Underlag

Underlag för upprättande av denna handling utgörs av:

- Handlingar från Jönköpings kommun:
 - 250312 Alternativ 2 sitplan
 - Riskutredning Sjöåkra industriområde 2023-10-12

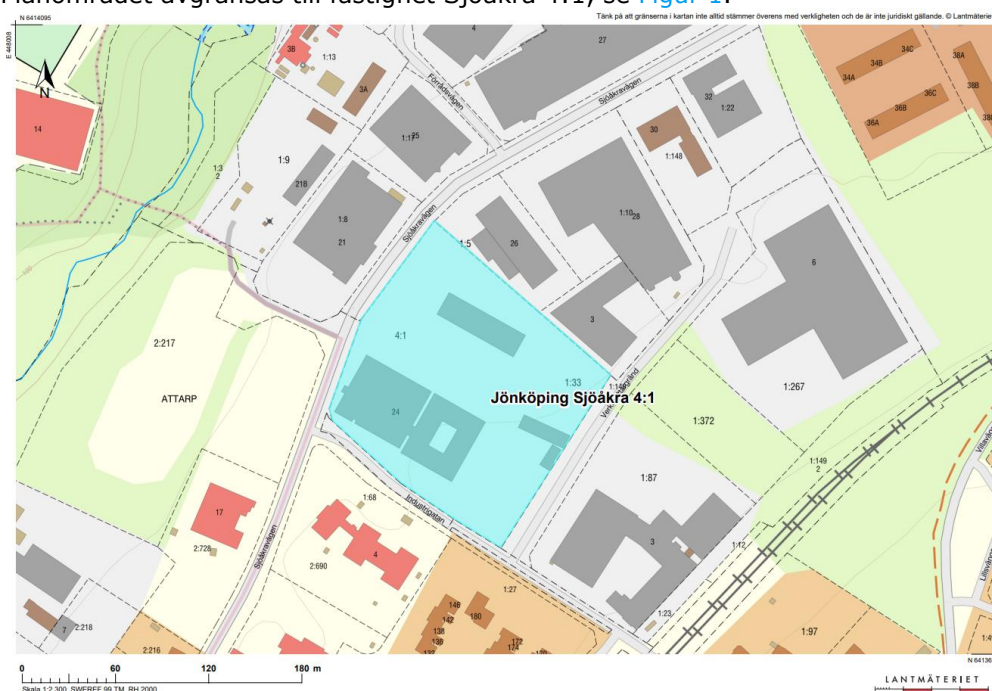
- Information från byggnadsägaren på fastigheter sjöåkra 1:5 och 1:10 (GS Yuasa Battery Nordic, och AM Group Redback AB) via räddningstjänsten och kommunen (mängder lagrade batterier och däck på båda fastigheter)
 - Mejl tråden "Kontaktformulär skickat den gs-yuasa.se" började den 24 mars 2025
 - Mejl tråden "Sjöåkra 1:5 och 1:10 [2025KC63552]" började den 17 mars 2025

1.2 Omfattning och avgränsning

Riskutredningen är avgränsad till att behandla tekniska olycksrisker¹, med direkt påverkan på människors hälsa och säkerhet. Naturolyckor² och sociala olyckor³ behandlas inte. Hälsoeffekter till följd av långvarig exponering samt attentat eller händelser som sker med uppsåt behandlas således inte. Andra risker/faktorer såsom buller, miljörisker, påverkan på luftmiljö (t.ex. partikelhalter) samt naturolyckor såsom översvämning, ras, skred och erosion ingår inte inom ramen för detta uppdrag utan genomförs vid behov som separata utredningar (bullerutredning, miljökonsekvensbeskrivning, luftkvalitetutredning etc.).

Horisontår för riskutredningen är några år fram i tiden. Mängden däck och batterier som lagras på fastigheterna Sjöåkra 1:5 och 1:10 baseras på fastighetsägarens framtida planer men någon tidlinje har inte tillhandahållits. Dessutom har en känslighetsanalys genomförts för att ta hänsyn till ökning i mängden lagrat gods.

Planområdet avgränsas till fastighet Sjöåkra 4:1, se [Figur 1](#).



Figur 1 Planområde [1]

1.3 Räddningstjänstens insats

Räddningstjänsten kan förväntas påbörja en insats inom normal insattid, d.v.s. inom 10 minuter [2]. Närmaste station för räddningstjänsten är RiB Bankeryd på Ävgatan 1.

¹ Med tekniska olyckor förknippade med industrianläggningar.

² Med naturolyckor avses olyckor förknippade med ras, skred, erosion och översvämningar.

³ Med sociala olyckor avses antagonistiska handlingar

1.4 Kravbild

Riskhantering vid fysisk planering baseras på krav som ställs i Plan- och bygglagen [2] och skydd mot olyckor [3]. I kraven anges bland annat att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till människors hälsa och säkerhet samt risken för olyckor. Vidare ska bebyggelsen utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till skydd mot uppkomst och spridning av brand och andra olyckshändelser.

1.5 Områdesbeskrivning och planerad bebyggelse

Jönköpings kommun planerar att uppföra ett antal byggnader på fastighet Sjöåkra 4:1. En av byggnaderna är ett äldreboende i 3 till 4 våningar med totalt 100 lägenheter. Den andra byggnaden utgör en gruppbostad i 1 våning som ska innehålla 6 lägenheter. Dessutom är två bostäder planerade öst om planområdet. Bostäder ska vara utformade av kring 35 lägenheter.



Figur 2 Situationsplan för planerad bebyggelse [4]

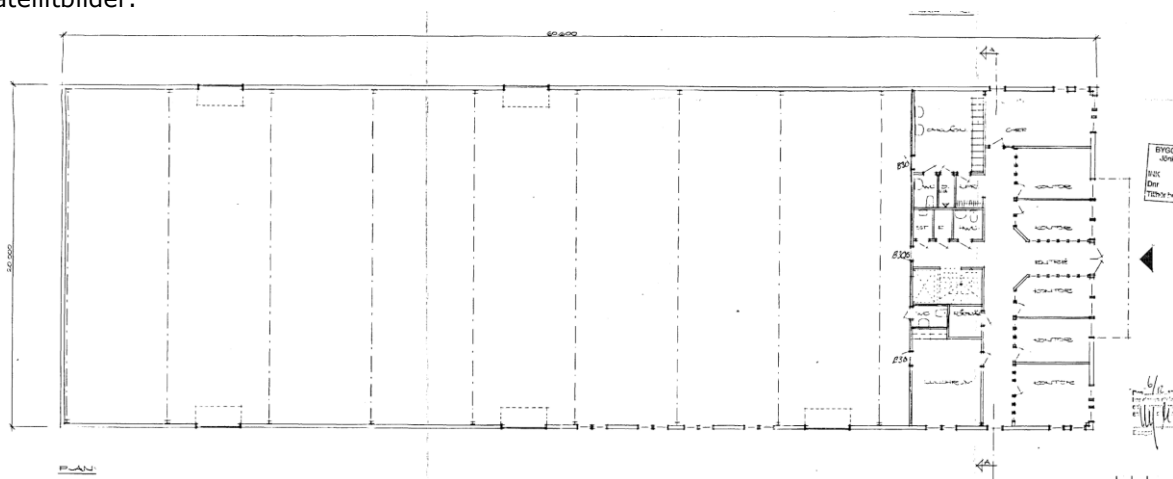
På grannfastigheten Sjöåkra 1:5 och 1:10, se Figur 3, finns i dagsläget lager för blybatterier och gummidäck.



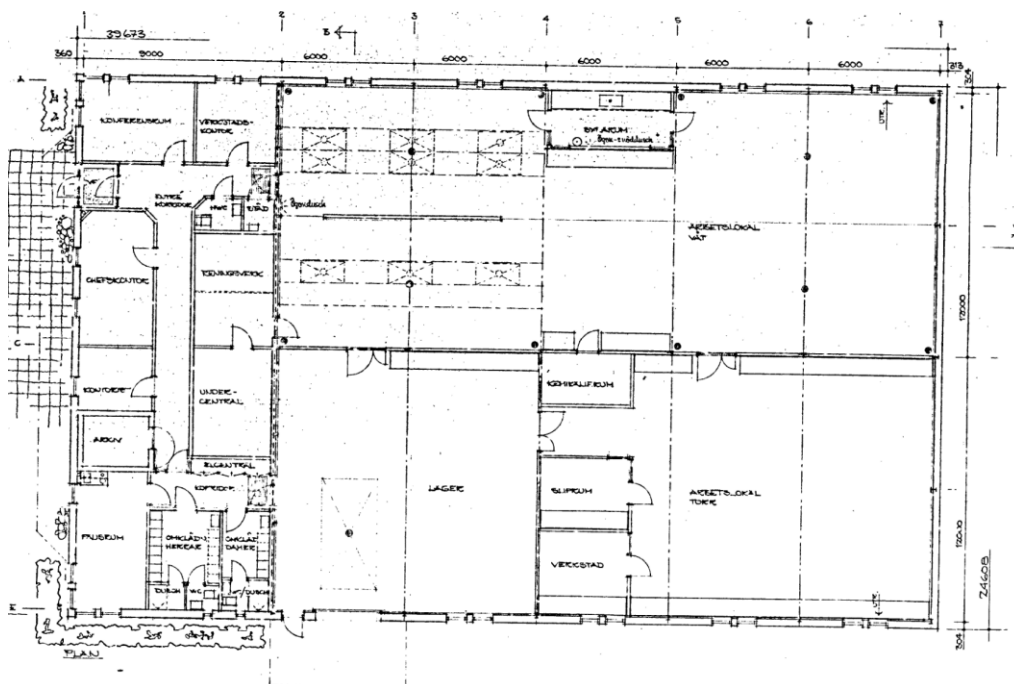
Figur 3 Områden (fastigheter markerade med röd är där batterier och däck lagras) [1]

Figur 4 visar planritning (bygglovshandling) av byggnaden på Sjöåkra 1:5 där båda batterier och däck lagras. Figur 5 visar planritning (bygglovshandling) för byggnaden på Sjöåkra 1:10 där bara batterier lagras.

Bygglovshandlingar av båda byggnader visar den ursprungliga planlösningar från 1984. Sedan ritningarna uppfördes har tillbyggnader genomförts för båda byggnader, vilket kan ses på satellitbilder.



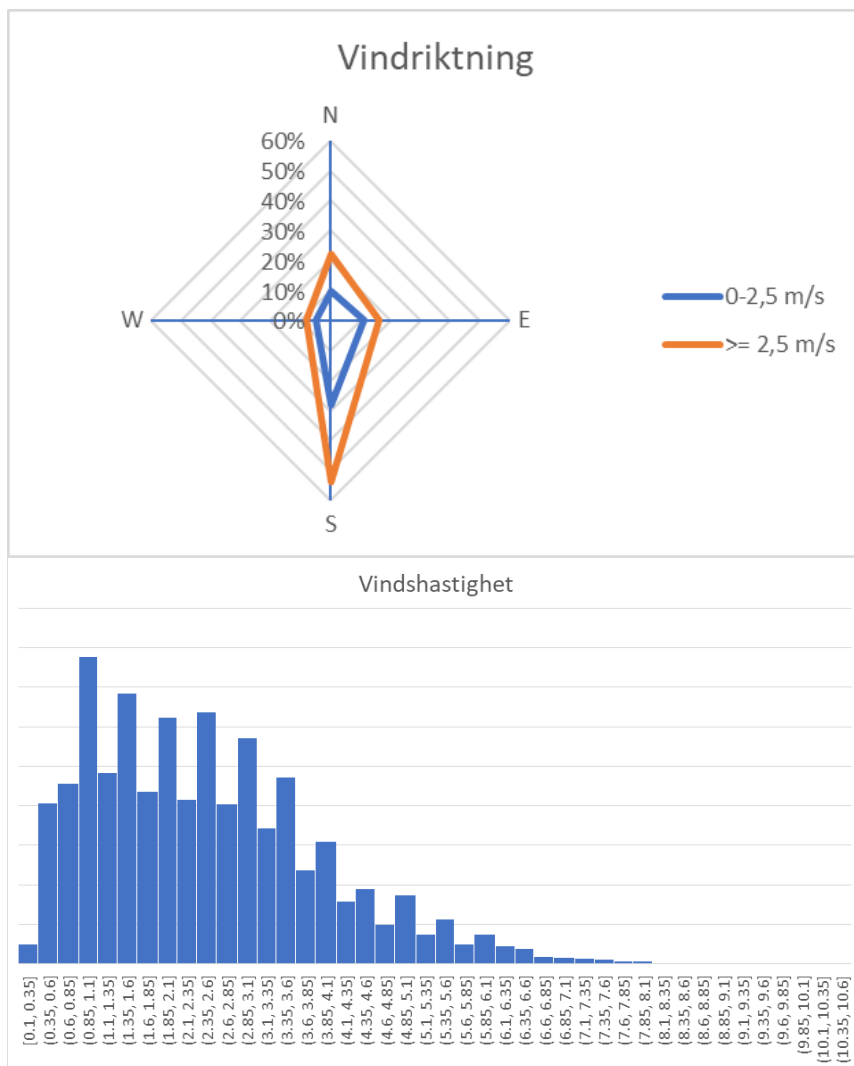
Figur 4 Sjöåkra 1:5 planritning (lager och kontors indelning)



Figur 5 Sjöåkra 1:10 planritning (lager och kontors indelning)

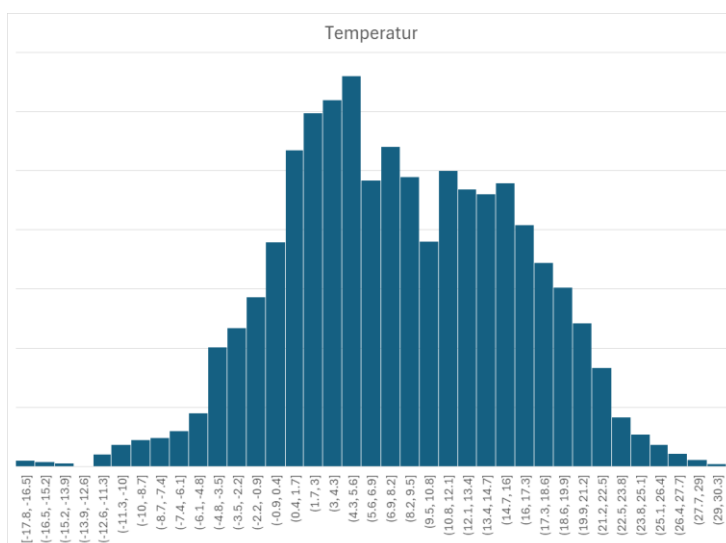
1.6 Väderdata

Enligt historiska data från SMHIs Jönköping GBG station (stationsnummer 73001 2023-12-09 tills 2025-01-01) [5] blåser vinden från söder till norr 54% av tiden. Den vanligaste vindhastigheten är mellan 0,85 och 1,1 m/s. Vindens medelhastighet är 2,5 m/s (Figur 6). Stabilitetsklass är E eller F 34% av tiden och A-D 66% av tiden (Figur 6).



Figur 6 Vind data

Den vanligaste temperatur är mellan 4,3-5,6°C och medeltemperatur är 8,2°C [6].

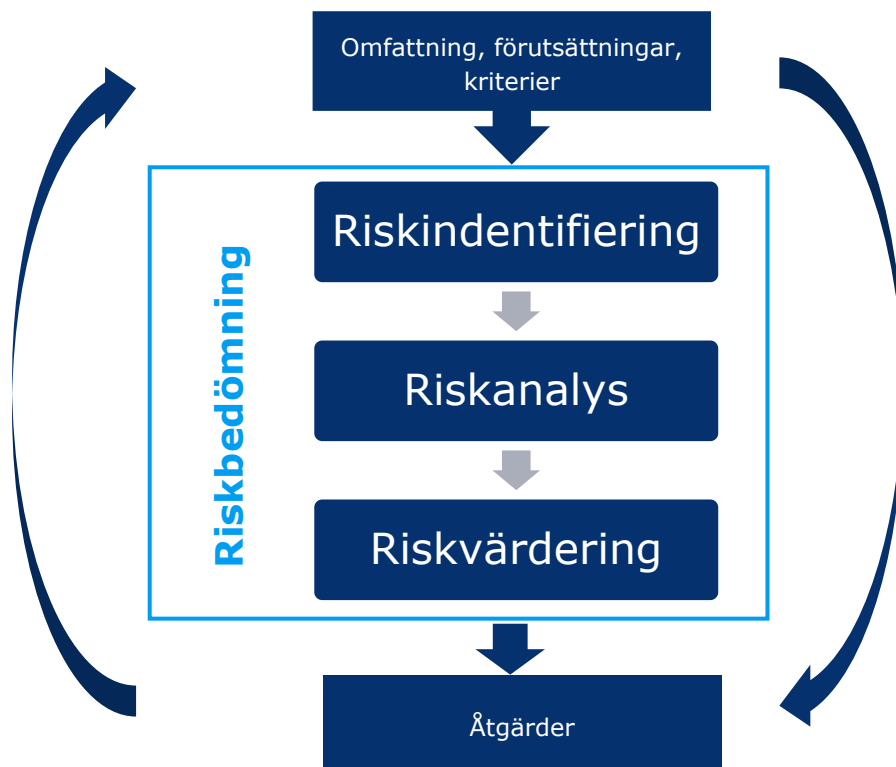


Figur 7 Temperatur

2. Metodik för riskhantering

2.1 Riskhanteringsprocessen

I föreliggande uppdrag nyttjas övergripande principer för riskhantering från riskhanteringsprocessen så som den presenteras i ISO 31000 [7], se Figur 8. I följande avsnitt presenteras metodiken för var och ett av de tre steg som utgör riskbedömning – identifiering, analys och värdering.



Figur 8. Riskhanteringsprocess [7].

2.2 Metodik för riskidentifiering

Riskidentifieringen är en inventering av möjliga riskkällor inom planområdet och dess omgivning. Identifieringen utgår från geografiska avstånd mellan planområdet och verksamheter som kan utgöra en risk. Med hänsyn taget till avgränsningar har följande riskkällor beaktats i riskidentifieringen:

- Riskfylld verksamhet: Industri med hög brandbelastning och risk för explosion.

2.3 Metodik för riskanalys

Riskanalysen genomförs med en kvantitativ metod där beräkningar av frekvenser och konsekvenser vägs samman och presenteras i form av individrisk respektive samhällsrisk.

- **Individrisk** definieras som sannolikheten för en fiktiv individ att omkomma per år, förutsatt att individen vistas på samma plats i området. Notera att det är ett mått, och inte den verkliga sannolikheten att omkomma. Individrisknivån är oberoende av persontätheten.
- **Samhällsrisk** beaktar persontäthet inom ett givet område. Konsekvensernas storlek beaktas med avseende på antalet personer som påverkas vid ett olycksscenario. Hänsyn tas till eventuella tidsvariationer, exempelvis att persontätheten kan vara hög på en viss

tid på dygnet men låg under en annan. Samhällsrisk redovisas i ett F/N-diagram (Frequency/Number) där den totala sannolikheten för att ett visst antal personer omkommer illustreras.

Övriga riskkällor analyseras kvalitativt och med utgångspunkt i tidigare utförda riskbedömningar.

2.4 Metodik för riskvärdering och riskreducerande åtgärder

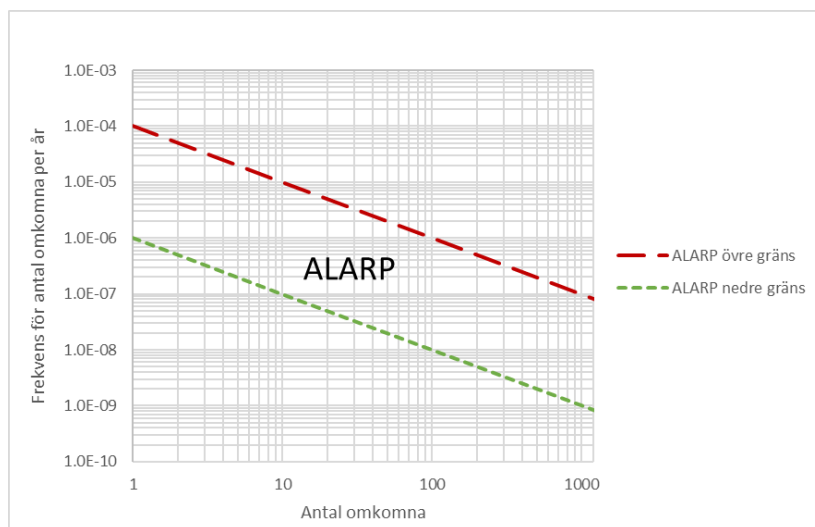
Sverige saknar nationell officiell policy avseende vilka kvantitativa riskkriterier som ska användas vid fysisk planering. Det är praxis att använda följande kriterier som har föreslagits av DNV och publicerats av MSB/Räddningsverket [8].

För individrisk föreslås följande kriterier [8]:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: 1×10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan anses som små: 1×10^{-7} per år

För samhällsrisk föreslås följande kriterier (F = olycksfrekvens och N = antal omkomna):

- Gräns under vilken riskerna under vissa förutsättningar anses som acceptabla: $F = 10^{-4}$ per år för $N = 1$ med lutningen på F/N-kurva -1 (röd i Figur 9).
- Gräns under vilken risker anses vara acceptabla: $F = 10^{-6}$ per år för $N = 1$ med lutningen på F/N-kurva -1 (grön i Figur 9).



Figur 9 ALARP-gränser på FN-matris

Området mellan dem gränserna kallas för ALARP. Detta innebär att riskerna som hamnar inom detta område kan tolereras endast om alla rimliga åtgärder vidtas.

Även följande principer för riskvärdering föreslås enligt praxis [8, 9]:

- *Rimlighetsprincipen* – Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk ska detta göras
- *Proportionalitetsprincipen* – En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nyttan i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför
- *Fördelningsprincipen* – Riskerna bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället

- *Principen om undvikande av katastrofer* – Om risker realiseras bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer

Riskreducerande åtgärder hämtas främst från en rapport av Boverket och Räddningsverket (nuvarande MSB), *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [10].

3. Riskidentifiering

3.1 Skyddsvärda objekt

Det främst skyddsvärda i aktuell riskbedömning utgörs av människors liv, hälsa och säkerhet. Således är skyddsvärdet människorna som kommer att befinna sig inom aktuellt området.

3.2 Riskkällor

Enligt fastighetsägaren (A.M. GROUP REDBACK AB) förvaras 6 000 ton batterier i byggnaden på fastigheten Sjöåkra 1:5 och 3 000 ton batterier i byggnaden på fastigheten Sjöåkra 1:10. Byggnaden på Sjöåkra 1:5 är belägen ca 30m från planerade bebyggelsen, medan byggnaden på Sjöåkra 1:10 ligger ca 80m bort.

Eftersom byggnaden på Sjöåkra 1:10 ligger mer än dubbelt så långt från planområdet och har hälften så stor lagringskapacitet, bedöms konsekvenserna från byggnaden på Sjöåkra 1:5 vara dimensionerande för resultaten. En brand i byggnaden på Sjöåkra 1:10 har därför inte beaktats vidare i denna rapport.

Däck som kan lagras utomhus i mindre mängder

3.3 Olycksscenarier

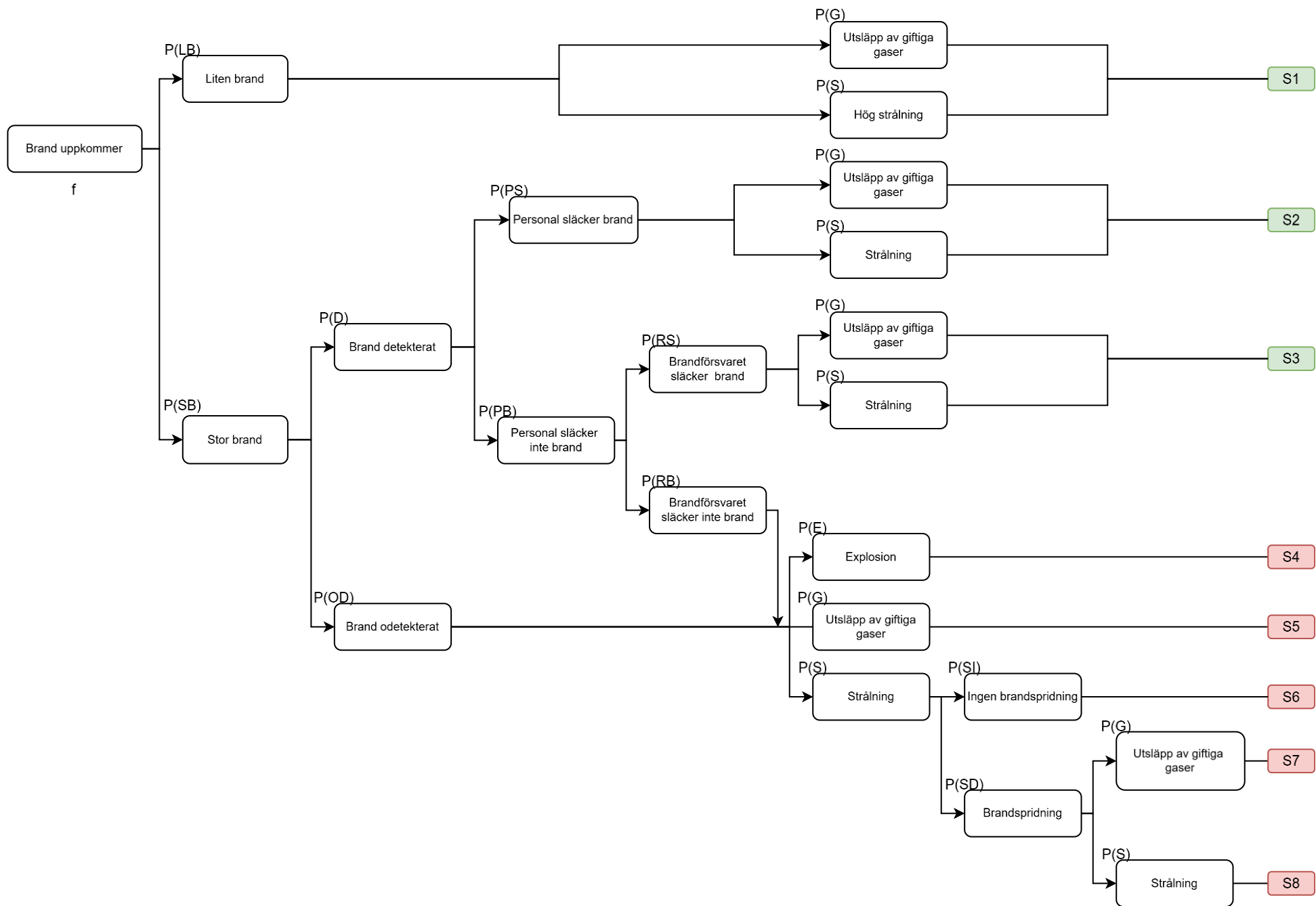
Scenarier S1-S8 har identifierats som rimliga scenarier att utreda (se Figur 10). Händelseträd och efterföljande sannolikhetsanalys baseras på rapporten "Värdering av brandrisker i industrier" [11].

Alla scenarier utgår från en brand i batterilagret, där branden kan vara av mindre eller större omfattning. Scenario 1 beskriver en mindre brand som är lätt att kontrollera och som inte sprids vidare, ett sådant scenario utreds inte vidare eftersom det förutsätts ha en risknivå som motsvarar risken i byggnader med en normal brandbelastning, vilket bedöms som acceptabel.

Större bränder delas in i olika kategorier. Den första kategorin beaktar tidig detektering av branden (visuellt eller via brandlarm). Om branden detekteras tidigt kan den släckas av personal eller räddningstjänst. Ett sådant scenario antas därför vara av samma risknivå av scenario 1 och utreds inte vidare.

Om branden däremot inte detekteras i tid eller om räddningstjänsten inte lyckas kontrollera eller släcka branden kan tre olika scenarier uppstå (scenario 4, 5 och 6). Dessa scenarier utreds vidare och deras konsekvenser ska bedömas. Om branden är okontrollerbar kan det spridas vidare till däcklagring och då ska även de två scenarierna (scenario 7 och 8) beaktas (se Figur 10).

Däck som förvaras utomhus i mindre mängder bedöms inte utgöra någon hög risk och inkluderas därför inte som ett scenario i riskbedömningen.



Figur 10 Händelseträd

3.4 Brandfrekvens och sannolikheter

Statistik från MSB har hämtats för att räkna ut brandfrekvensen för en lagerbyggnad [12]. Första steget är att beräkna sannolikheten för att en brand uppstår i en lagerbyggnad (där medianen baserade på statistik om lagerbyggnader bränder och industribränder från år 2007 till 2024 används). Det andra steget är att beräkna brandfrekvensen för industribyggnader, enligt en metod som tidigare använts av MSB [11]. Uppgifter om antalet industribyggnader i Sverige har hämtats från SCB [13] och uppgifter om antalet bränder i industribyggnader har hämtats från MSB [12] (där medianvärden för perioden 2010 till 2023 används). Med dessa data kan brandfrekvensen i lagerbyggnader i Sverige uppskattas enligt formeln nedan.

$$f = P(\text{brand i lager}) \cdot \frac{\# \text{bränder i industri}}{\# \text{industri byggnader}}$$

$$f(\text{brand i lagerbyggnad}) = 0,0068 \cdot 0,012 = 8,53 \times 10^{-5} \quad \text{brand} \cdot \text{år}^{-1}$$

Enligt brandskyddsföreningen klassificerades 4 500 bränder som större bränder och 6 000 mindre bränder av totalt 10 500 bränder i Sverige under 2023 [14]. Därmed antas att $P(L)=P(\text{liten brand})=0,57$ och $P(S)=P(\text{stor brand})=0,43$.

Det finns ingen tillgänglig statistik över tidig detektering av bränder, men i samma dokument rapporteras att 90% av de testade brandvarnarna i Jönköpings kommun fungerade [14]. Dock är rökdetektorer i industrimiljön vanligtvis bättre underhållna. Enligt SFPE har rökdetektorer en pålitlighet högre än 99,9% [15]. Resultat från en studie gjort av ORR visar att rökdetektorer har en felfrekvens på 0,32% [16]. Därför har vi uppskattat $P(D)=P(\text{brand detekteras})=0,90$ och $P(O)=P(\text{brand detekteras inte})=0,10$.

Data om brandens slutliga omfattning har hämtats från MSB [12] för att beräkna sannolikheten att en brand i batterilagret sprider sig till däcklagret (där medianvärden från åren 2018 till 2024 används).

I Jönköpings kommuns *Delprogram brandsäkerhet och operativa insatser 2022-2026* [2] beskrivs att de flesta bränderna släcks innan räddningstjänsten kommer fram och får därmed en begränsad spridning. Detta innebär att sannolikheten är hög att personalen släcker branden. Dock är lagret en daglig verksamhet där ingen personal förväntas vistas under natten. Därför har vi räknat att $P(PS)=P(\text{personal släcker brand})=0,5$.

Det finns ingen tillgängliga data om hur många bränder räddningstjänsten inte lyckats släcka. För att göra en uppskattning har beräkningarna utgått från statistik över bränder i lagerbyggnader där rökdykning förekommit. Det har antagits att rökdykning indikerar att branden inte kunnat släckas vilket är ett konservativt antagande (vissa sådana bränder kan ha släckts). Medianvärden mellan år 2018 och 2024 har använts.

De flesta explosioner från blybatterier orsakas av överladdning eller fysisk skada av batteriet. I detta fall lagras enbart nya batterier, vilket innebär att sannolikheten för en explosion begränsad. Det finns inga uppgifter vare sig i Sverige eller andra länder för att kunna uppskatta sannolikheten för en sådan explosion. Bristen på data pekar på låg sannolikhet för explosion på grund av batteribrand, därför antar vi $P(E)=P(\text{explosion})=0,05$.

Gällande utsläpp av giftiga gaser och hög värmestrålning så är det fenomen som garanterat inträffar om en brand uppstår. Därför ansätts $P(G)=P(\text{utsläpp av giftiga gaser})=1$, $P(S)=P(\text{Strålning})=1$.

Sannolikheten att vinden blåser mot planområdet har också tagits i beaktande vid beräkningarna. Värdena baseras på historisk data från SMHI ($P(V) = 0,22$) [5].

Tabell 2 Sannolikheter av antagande händelser

Sannolikhet		Värde
Liten brand	$P(LB)$	0,57
Stor brand	$P(SB)$	0,43
Brand detekterat	$P(D)$	0,90
Brand odetekterat	$P(OD)$	0,10
Personal släcker brand	$P(PS)$	0,50
Personal släcker inte brand	$P(PB)$	0,50
Brandförsvaret släcker brand	$P(RS)$	0,85
Brandförsvaret släcker inte brand	$P(RB)$	0,15
Explosion	$P(E)$	0,05
Utsläpp av giftiga gaser	$P(G)$	1
Strålning	$P(S)$	1
Ingen brandspridning	$P(SI)$	0,93
Brandspridning (däcklager)	$P(SD)$	0,069
Vinden blåser mot planområde	$P(V)$	0,22

3.5 Indata

Alla beräkningsdetaljer samt förutsättningar och antaganden finns i Bilaga 1 – Beräkning. I detta kapitel presenteras dock de viktigaste indata för de olika scenarierna för bättre översikt.

3.5.1 Explosion

Med en total batterimassa på 6 000 ton har en vätevolym på 100 800 m³ beräknats som underlag för explosionsscenarioet. Denna volym har använts som indata i ALOHA där väder- och platsdata använts för att beräkna explosionsomfattningen (se 9.2.1).

Konsekvenser av explosionen uppskattas till 5% dödlighet (se 9.3.3).

3.5.2 Utsläpp av giftiga gaser

Utsläppsmängder av CO₂ (2 520 000 kg), CO (270 000 kg), och SO₂ (1 176 000 kg) har uppskattats baserat på antalet batterier som brinner (se 9.2.2.1). Alternativt var mängderna beräknats för ett scenario med brand i däcklager (CO₂ (227 500 kg), CO (26 000 kg), och SO₂ (1 950 kg)) (se 9.2.2.2).

Konsekvenser av CO och SO₂ har beräknas utifrån Probit-funktionen baserat på koncentrationer och exponeringstid. Konsekvenser för CO₂ har uppskattats utifrån NIOS riktlinjer (se 9.3.1).

3.5.3 Strålning

Utifrån mängden batterier och däck har brandbelastningen uppskattats för att beräkna värmestrålning. Lagerbyggnadens fasad mot planområdet har tagits som strålningsyta.

- Strålning från en batteribrand: 8 285 kW/m² (se 9.2.3.1)
- Strålning från en brand i däcklager: 1 459 kW/m² (9.2.3.2)

Konsekvenser av strålning bedöms utifrån strålningsnivåer som kan orsaka brandspridning till den planerade bebyggelsen (se 9.3.2).

3.6 Utdata

För Explosion och utsläpp av giftiga gaser har resultat från ALOHA presenterats och visualiserats. För strålning har handberäkningar gjorts och då har resultat visualiserats av Ramboll Sweden AB.

3.6.1 Explosion

Tre trycknivåer har kontrollerats:

- 8 psi = förstörelse av byggnader (visas som röd zon)
- 3,5 psi = allvarlig skada är sannolik (visas som orange zon)
- 1 psi = glas krossas (visas som gul zon)

I de ALOHA-genererade kartorna visas blastzonen som en ifylld yta, medan en större zon anges med konturlinje för att visa osäkerhet relaterad till vindförhållanden (se Figur 11).

3.6.2 Utsläpp av giftiga gaser

Resultaten varierar beroende på vilken gas som släpps ut.

För SO₂ och CO har tre koncentrationsnivåer kontrollerats:

- IDLH - omedelbar fara för liv eller hälsa (visas i rött)
- ERPG-3 - allvarliga hälsoeffekter (visas i orange)
- ERPG-2 - måttliga hälsoeffekter (visas i gult)

Eftersom CO₂ inte är direkt giftigt men kan sänka syrehalten i luften, kontrolleras endast IDLH-nivån, som visas i rött.

I de ALOHA-genererade plymzonerna visas huvudplymen ifylld medan en större kontur runt den ifyllda zonen representerar vindrelaterad osäkerhet (se Figur 12, Figur 13, Figur 16, Figur 17, Figur 14).

3.6.3 Strålning

Resultaten för strålning visualiseras som en zon där strålningsnivån är 35 kW/m² eller högre. Denna nivå vald som tröskelvärde för brandspridning till den planerade bebyggelsen.

4. Riskanalys

4.1 Scenario 1,2, och 3 – mindre och kontrollerade bränder

Som tidigare beskrivet är bränder som uppstår i scenario 1, 2 och 3 mindre eller kontrollerade bränder som inte förväntas utgöra en större risknivå än vad vanligt accepteras. Konsekvenser från dessa bränder utreds inte vidare.

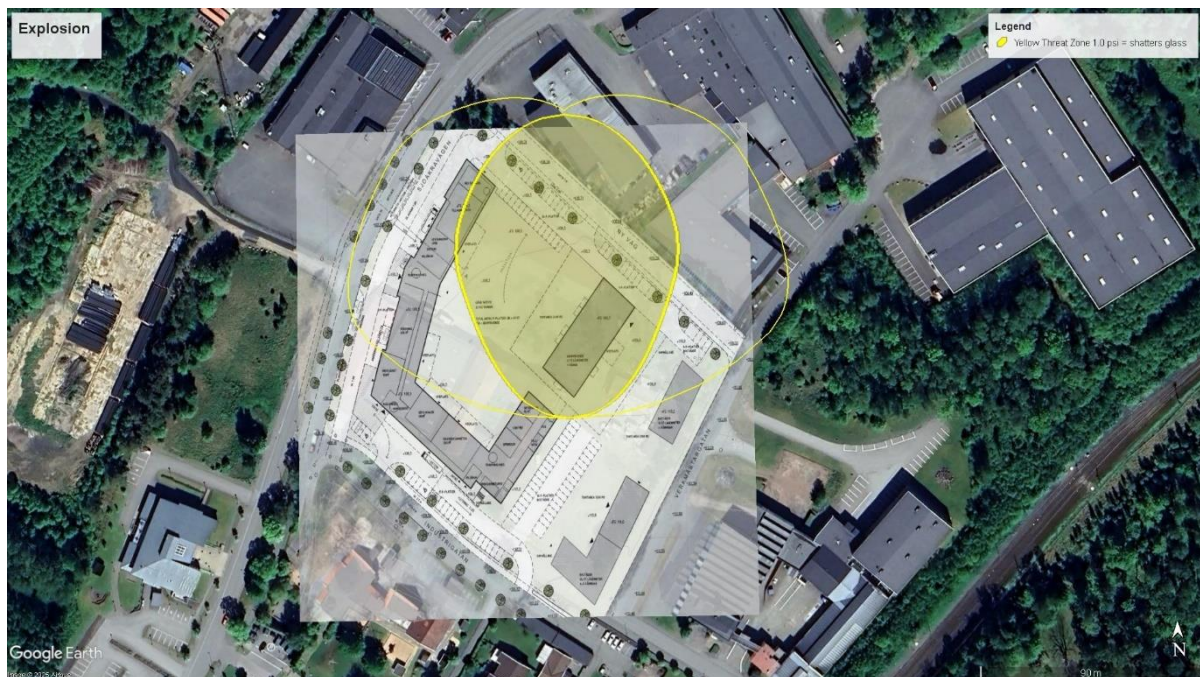
4.2 Scenario 4 – Explosion

Flöden och mängder vätgas som kan uppstå under batteribränderna kan leda till en explosion med en sprängradie som illustreras i Figur 11.

Blast - ALOHA resultat

THREAT ZONE

- Red: LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
- Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)
- Yellow: 122 meters --- (1.0 psi = shatters glass)



Figur 11 Explosions omfattning

En simulering av tryckvågseffekter med ALOHA-modellen har genomförts för att bedöma konsekvenserna av en eventuell explosion. Resultatet visar att de högsta skadegränserna inte överskrids i detta scenario. En röd zon, som motsvarar ett övertryck på 8,0 psi – tillräckligt för att orsaka omfattande strukturell förstörelse av byggnader – har inte överskridits. Inte heller den orange zonen, motsvarande ett övertryck på 3,5 psi där allvarliga personskador är sannolika, har uppnåtts enligt modellberäkningarna.

Däremot har den gula zonen, där övertrycket når 1,0 psi, identifierats upp till ett avstånd av 122 meter från detonationspunkten. Vid detta tryck är det sannolikt att fönster krossas, vilket medför risk för splitter- och ögonskador, särskilt för personer som befinner sig nära glasytor utan skydd.

Modellen indikerar att även om den direkta risken för byggnadsförstörelse eller livshotande skador är låg, föreligger en påtaglig risk för materiella skador och lindriga personskador inom ett begränsat område.

4.3 Scenario 5 – Utsläpp av giftiga gaser (batteribrand)

Vid en brand i blybatterier kan farliga gaser frigöras från både batteriernas plasthölje och från svavelsyran som finns inuti battericellerna. I detta scenario ligger fokus på svaveldioxid (SO_2), kolmonoxid (CO) och koldioxid (CO_2), med hänsyn till deras toxiska effekter och de mängder som kan frigöras vid brand.

Andra giftigagaser frigörs också från blybatterier vid brand, men inte i lika stor omfattning och därför behandlas detta inte vidare i denna utredning.

Observera att de koncentrationerna som visas (Figur 12) avser utomhusnivåer när vinden blåser direkt mot planområdet. Koncentrationerna inomhus förväntas vara lägre.

SO_2 – ALOHA Output

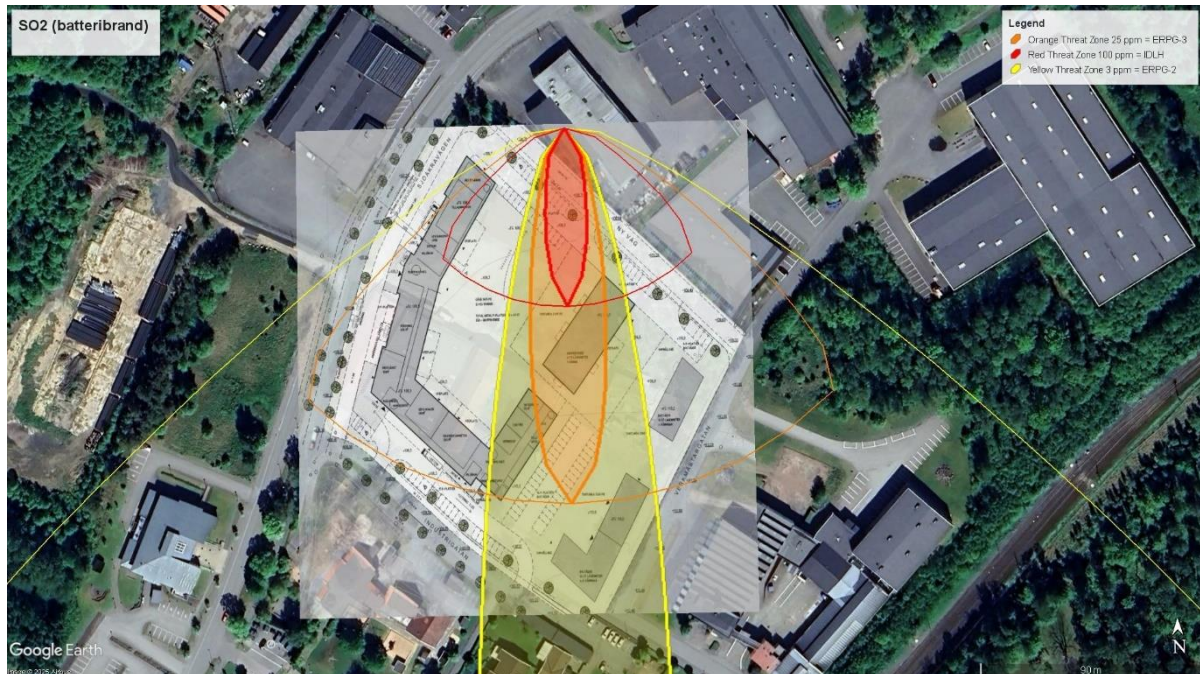
THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 76 meters --- (100 ppm = IDLH)

Orange: 160 meters --- (25 ppm = ERPG-3)

Yellow: 493 meters --- (3 ppm = ERPG-2)



Figur 12 Spridning av SO₂ – scenario 5 (genererat av ALOHA)

Vid simulering av ett utsläpp av svaveldioxid (batteribrand) med hjälp av ALOHA-modellen har hotzoner beräknats utifrån gasens egenskaper. Modellkörningen visar att det vid ett utsläpp kan uppstå tre koncentrationszoner med olika risknivåer. Den mest kritiska zonen, den röda zonen, sträcker sig upp till 76 meter från källan. Inom detta område föreligger omedelbar fara för liv och hälsa.

Den orange zonen sträcker sig upp till 160 meter från utsläppskällan. Inom detta område kan allvarliga hälsoeffekter uppstå vid längre exponering.

Den gula zonen, som når upp till 493 meter från källan. Risknivån här är låg.

Modellen visar att ett utsläpp av SO₂ kan innebära akuta hälsorisker inom ett begränsat område nära utsläppskällan, med mildare effekter över ett större område.

CO – ALOHA Output

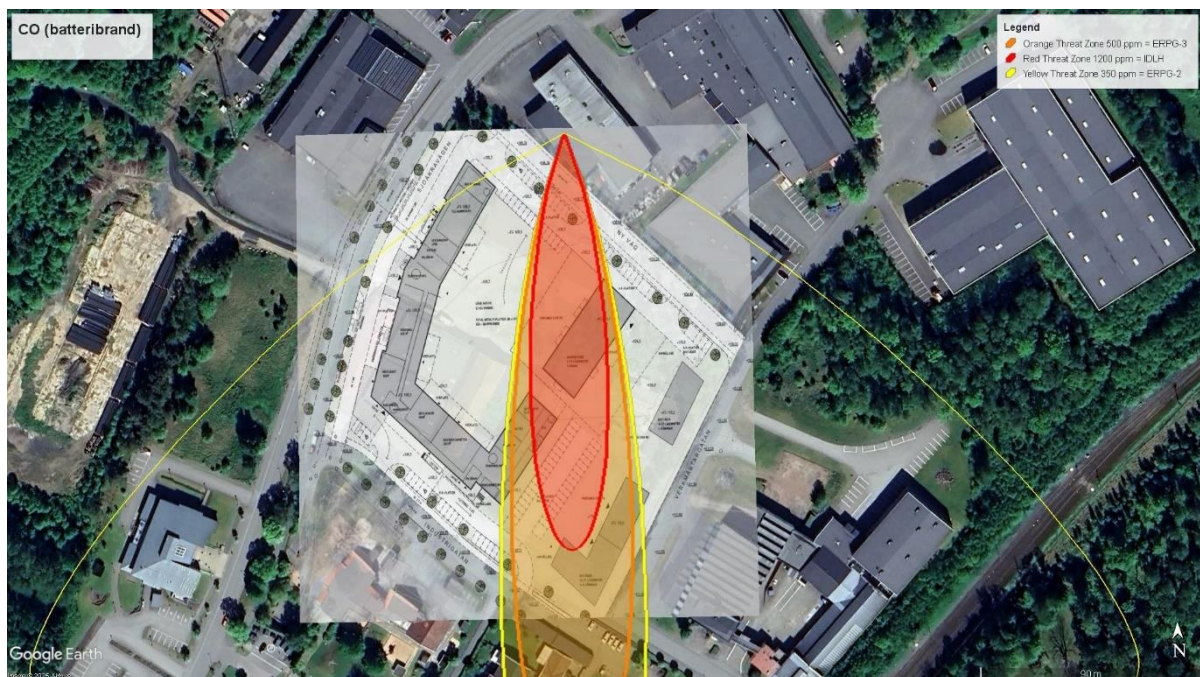
THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red : 177 meters --- (1200 ppm = IDLH)

Orange: 275 meters --- (500 ppm = ERPG-3)

Yellow: 329 meters --- (350 ppm = ERPG-2)



Figur 13 Spridning av CO- scenario 5 (genererat av ALOHA)

En simulering av ett kolmonoxidutsläpp (batteribrand) har genomförts med ALOHA-modellen. Resultatet visar att farliga koncentrationer kan uppstå relativt nära utsläppskällan. Inom den röda zonen, som sträcker sig upp till 177 meter, beräknas koncentrationen nå 1200 ppm, vilket motsvarar IDLH-nivån (Immediate Danger to Life and Health). Inandning av CO i denna koncentration kan orsaka medvetslöshet eller dödsfall efter bara några minuters exponering.

Den orange zonen, som sträcker sig upp till 275 meter, motsvarar en koncentration på 500 ppm, vilket är ERPG-3-nivån. Inom detta område kan allvarliga och potentiellt livshotande hälsoeffekter uppstå vid längre exponeringstider.

Den gula zonen når upp till 329 meter, där koncentrationen förväntas vara 350 ppm (ERPG-2). Denna nivå kan orsaka symptom såsom yrsel, huvudvärk och förvirring.

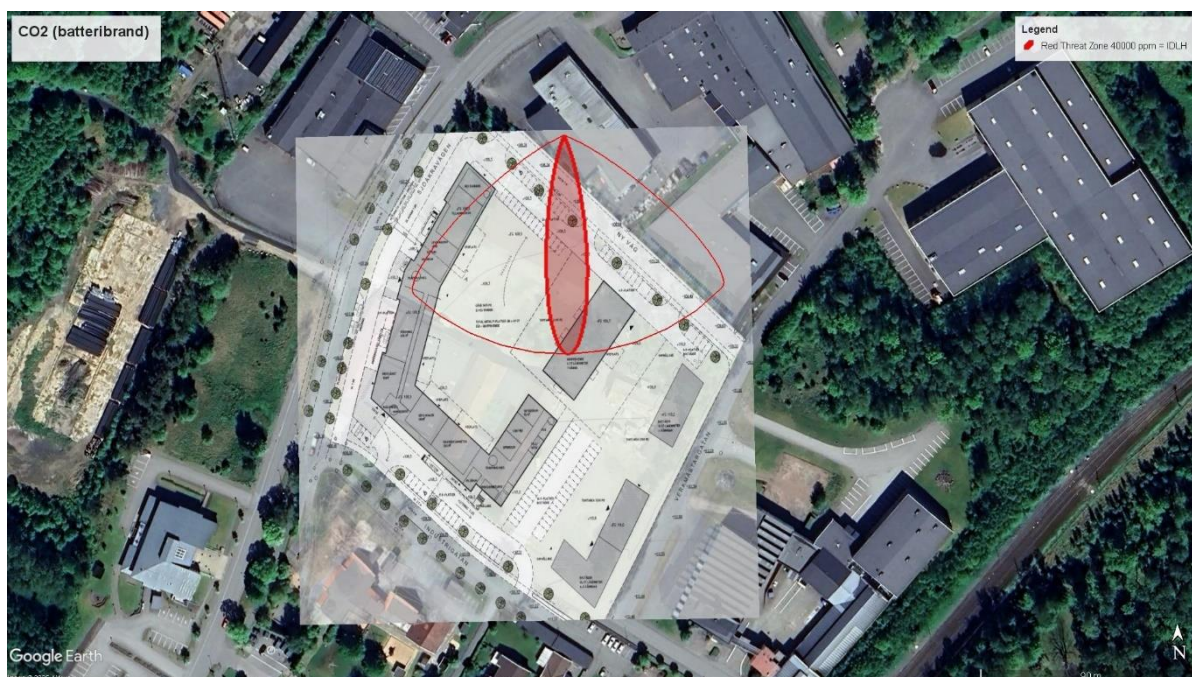
Modellen visar att ett kolmonoxidutsläpp snabbt kan leda till akuta hälsorisker inom ett område på upp till cirka 177 meter från källan.

CO₂ – ALOHA Output

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red : 94 meters --- (40000 ppm = IDLH)



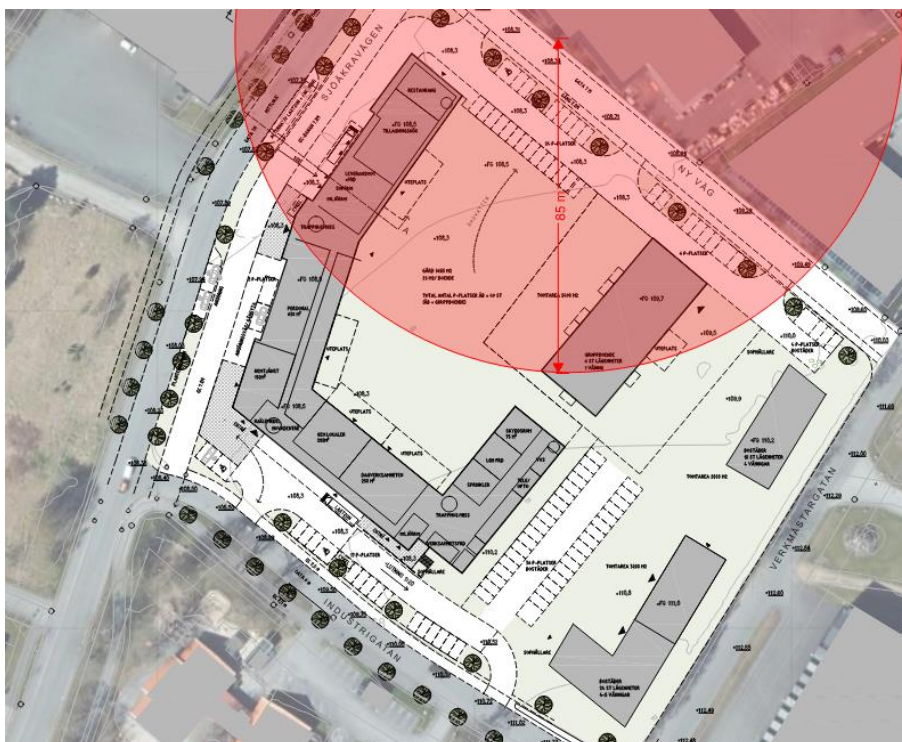
Figur 14 Spridning av CO₂ – scenario 5 (genererat av ALOHA)

En simulering av ett koldioxidutsläpp (batteribrand) har utförts med ALOHA-modellen för att bedöma potentiella riskzoner vid en incident. Resultatet visar att den röda zonen, där koncentrationen uppnår 40 000 ppm, sträcker sig upp till 94 meter från utsläppskällan. Denna koncentrationsnivå motsvarar IDLH-värdet (Immediate Danger to Life and Health), vilket innebär omedelbar fara för liv och hälsa.

Vid exponering för höga CO₂-koncentrationer kan syrehalten i luften reduceras kraftigt, vilket leder till allvarliga effekter. Resultaten visar att risken för akuta hälsoeffekter av CO₂ är störst inom 94 meter från källan.

4.4 Scenario 6 – Strålning (batteribrand)

Värden som visas gäller utomhus och kommer inte påverka människor som befinner sig inomhus på samma sätt. Strålningsnivå sjunker till under 35 kW/m² efter **85 m**. Vid den strålningsnivån finns det risk att andra byggnaders fasader självständigt tänds och leder till brandspridning mellan byggnader.



Figur 15 Strålningszon - Scenario 6

Den röda zonen i figuren representerar det område där den termiska strålningsintensiteten uppgår till 35 kW/m^2 , vilket är en nivå som innebär risk för antändning av byggnadsmaterial. Zonen sträcker sig ca 85 meter från antändningspunkten, vilket innebär att flera byggnader inom det planerade området helt eller delvis hamnar inom det kritiska området

4.5 Scenario 7 – Utsläpp av giftiga gaser (brand i däcklager)

En brand i däcklager leder till utsläpp av olika giftiga gaser. I simuleringarna undersöks SO_2 , CO och CO_2 med avseende på deras toxiska effekter och mängder som kan frigöras. Andra gifter frigörs också från blybatterier men inte i samma omfattning och därför ingår de inte i resultaten. Observera att de visade koncentrationerna är de förväntade koncentrationerna utomhus när luften blåser direkt mot planområdet. Koncentrationerna inomhus kommer att vara lägre och kan minskas ytterligare med rekommendationer som kommer listas längre ner i rapporten.

CO – ALOHA Output

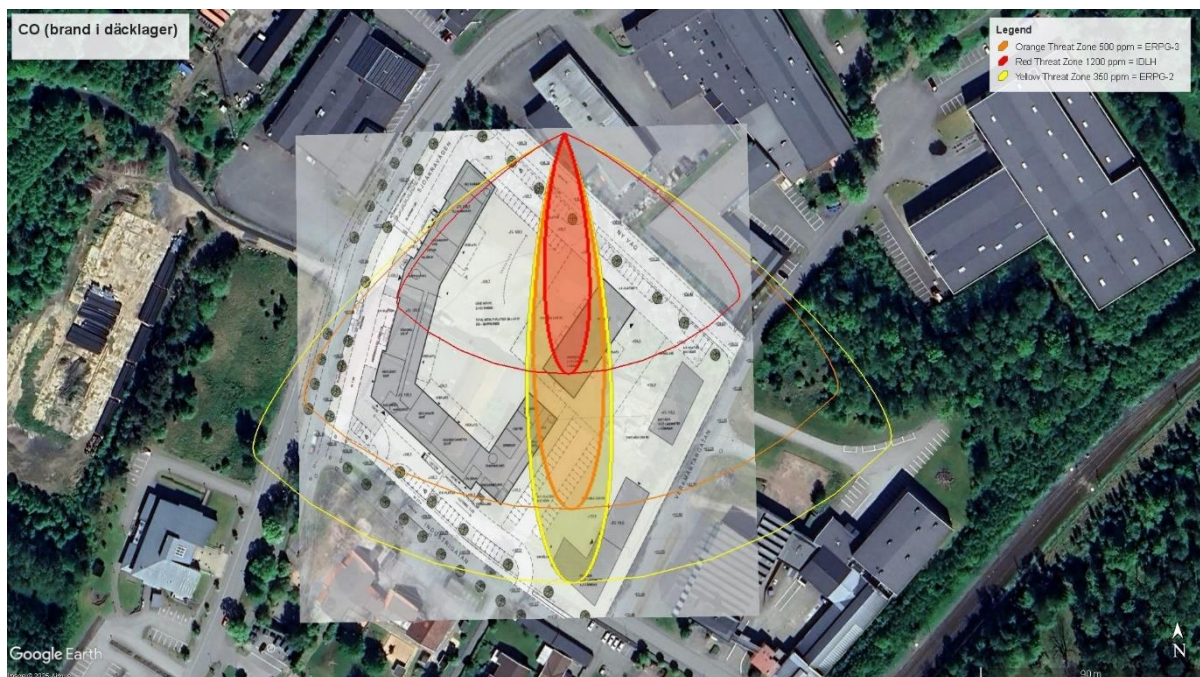
THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red : 103 meters --- (1200 ppm = IDLH)

Orange: 160 meters --- (500 ppm = ERPG-3)

Yellow: 191 meters --- (350 ppm = ERPG-2)



Figur 16 Spridning av CO – scenario 7 (genererat av ALOHA)

En simulering av ett kolmonoxidutsläpp (brand i däcklager) har genomförts med ALOHA-modellen. Resultatet visar att farliga koncentrationer kan uppstå relativt nära utsläppskällan. Inom den röda zonen, som sträcker sig upp till 103 meter, beräknas koncentrationen nå 1200 ppm, vilket motsvarar IDLH-nivån (Immediate Danger to Life and Health). Inandning av CO i denna koncentration kan orsaka medvetslöshet eller dödsfall efter bara några minuters exponering.

Den orange zonen, som sträcker sig upp till 160 meter, motsvarar en koncentration på 500 ppm, vilket är ERPG-3-nivån. Inom detta område kan allvarliga och potentiellt livshotande hälsoeffekter uppstå vid längre exponeringstider.

Den gula zonen når upp till 191 meter, där koncentrationen förväntas vara 350 ppm (ERPG-2). Denna nivå kan orsaka symptom såsom yrsel, huvudvärk och förvirring.

Modellen visar att ett kolmonoxidutsläpp snabbt kan leda till akuta hälsorisker inom ett område på upp till cirka 103 meter från källan.

SO₂ – ALOHA Output

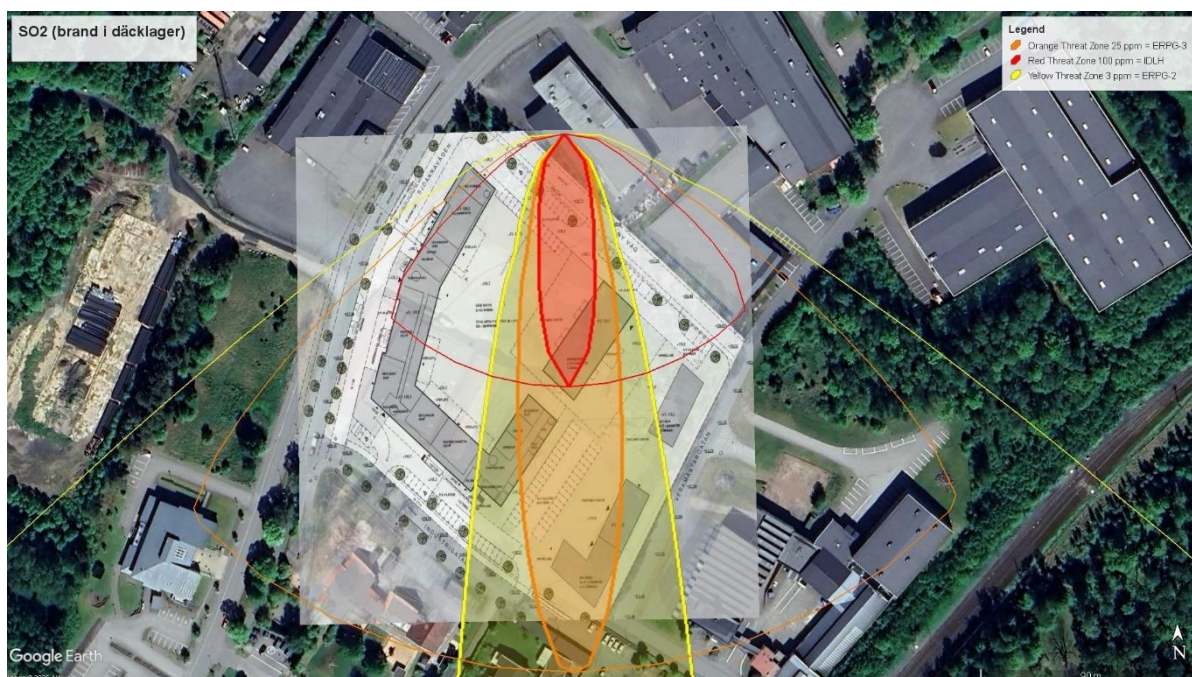
THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 108 meters --- (100 ppm = IDLH)

Orange: 227 meters --- (25 ppm = ERPG-3)

Yellow: 700 meters --- (3 ppm = ERPG-2)



Figur 17 Spridning av SO₂ – scenario 7 (genererat av ALOHA)

Vid simulering av ett utsläpp av svaveldioxid (brand i däcklager) med hjälp av ALOHA-modellen har hotzoner beräknats utifrån gasens egenskaper. Modellkörningen visar att det vid ett utsläpp kan uppstå tre koncentrationszoner med olika risknivåer. Den mest kritiska zonen, den röda zonen, sträcker sig upp till 108 meter från källan. Inom detta område föreligger omedelbar fara för liv och hälsa.

Den orange zonen sträcker sig upp till 227 meter från utsläppskällan. Inom detta område kan allvarliga hälsoeffekter uppstå vid längre exponering.

Den gula zonen, som når upp till 700 meter från källan. Risknivån här är låg.

Modellen visar att ett utsläpp av SO₂ kan innebära akuta hälsorisker inom ett begränsat område nära utsläppskällan, med mildare effekter över ett större område.

CO₂ – ALOHA Output

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red : 45 meters --- (40000 ppm = IDLH)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

En simulering av ett koldioxidutsläpp (batteribrand) har utförts med ALOHA-modellen för att bedöma potentiella riskzoner vid en incident. Resultatet visar att den röda zonen, där koncentrationen uppnår 40 000 ppm, sträcker sig upp till 45 meter från utsläppskällan. Denna koncentrationsnivå motsvarar IDLH-värdet (Immediate Danger to Life and Health), vilket innebär omedelbar fara för liv och hälsa.

Vid exponering för höga CO₂-koncentrationer kan syrehalten i luften reduceras kraftigt, vilket leder till allvarliga effekter. Resultaten visar att risken för akuta hälsoeffekter av CO₂ är störst inom 45 meter från källan.

4.6 Scenario 8 – Strålning (brand i däcklager)

Värden som visas gäller utomhus och kommer inte påverka folk som sitter inomhus på samma sätt. Strålningsnivå sjunker under 35 kW/m² efter **27,7m**. Vid den strålningsnivå andra byggnadersfasad självständigt och då får vi brandspridning mellan byggnader.



Figur 18 Strålningszoner - Scenario 8

Den röda zonen i figuren representerar det område där den termiska strålningsintensiteten uppgår till 35 kW/m², vilket är en nivå som innebär risk för antändning av byggnadsmaterial. Zonen sträcker sig ca 27,7 meter från antändningspunkten, vilket innebär att inga byggnader inom det planerade området helt eller delvis hamnar inom det kritiska området.

5. Riskvärdering

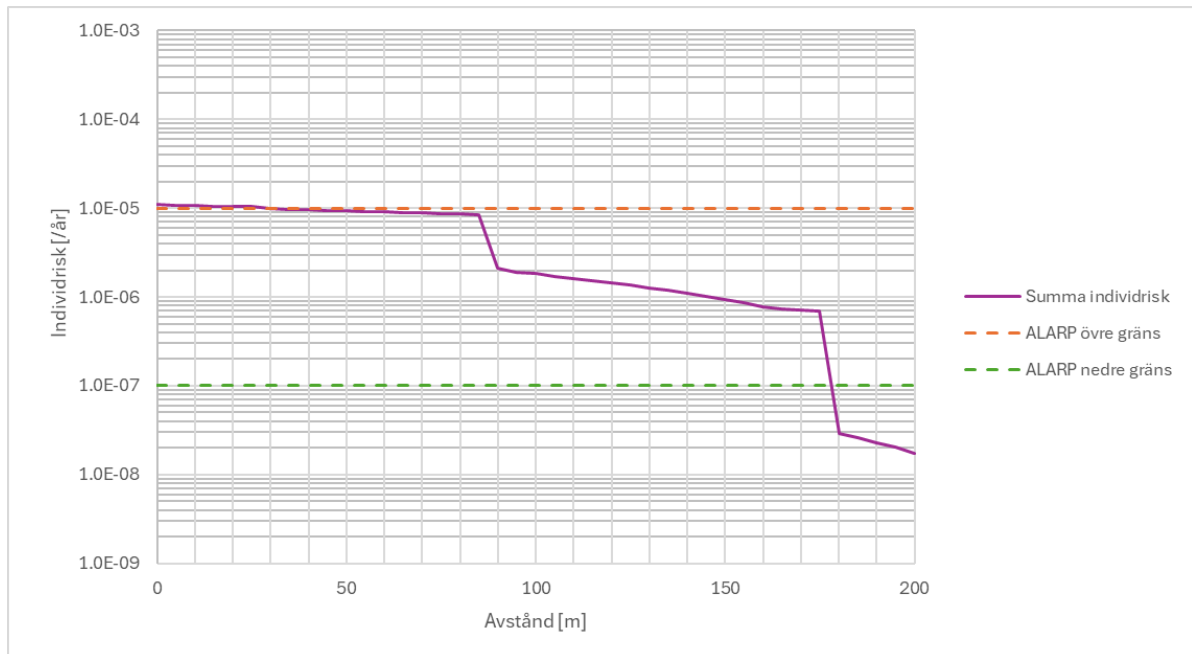
5.1 Individerisk

Individerisken överstiger ALARP:s övre gränsvärde inom ett avstånd på **28 m** från brandkällan. Detta innebär att inom detta avstånd är risken för hög i enlighet med allmänt acceptabla risknivåer.

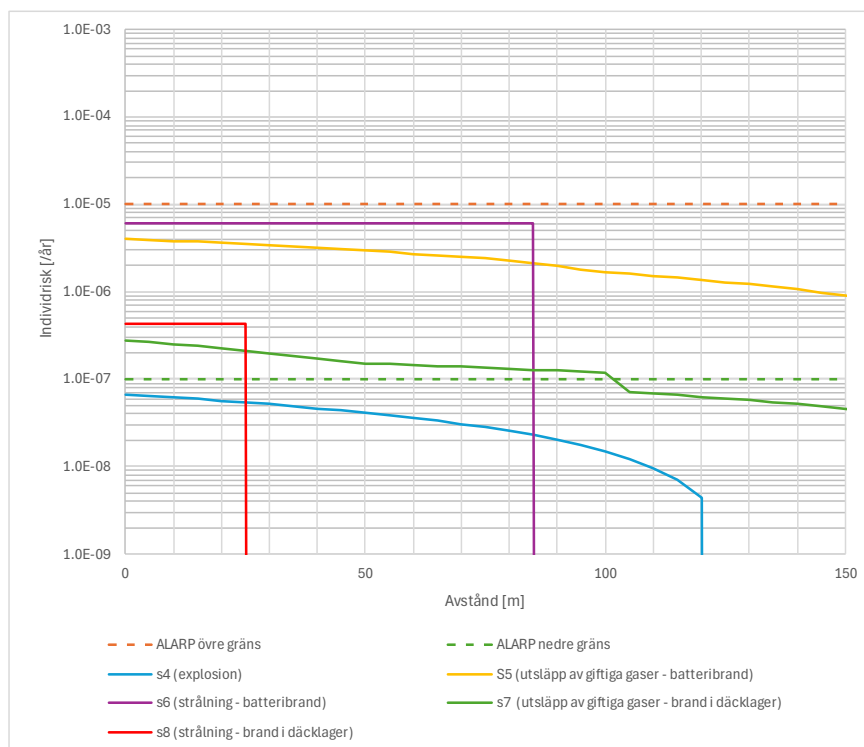
Mellan 28 m och 180 m ligger den individuella risken inom ALARP-zonen, vilket innebär att riskerna kan tolereras förutsatt att alla rimliga riskreducerande åtgärder vidtas.

Efter 180 m sjunker risken under den nedre ALARP-gränsen, vilket betraktas som en acceptabelt låg risknivå, där inga ytterligare riskreducerande åtgärder anses nödvändiga.

Den beräknade individrisken visar att riskreducerande åtgärder krävs. Scenarierna 5 och 6 har störst påverkan på den totala individuella risken Figur 19.



Figur 19 Total individrisk



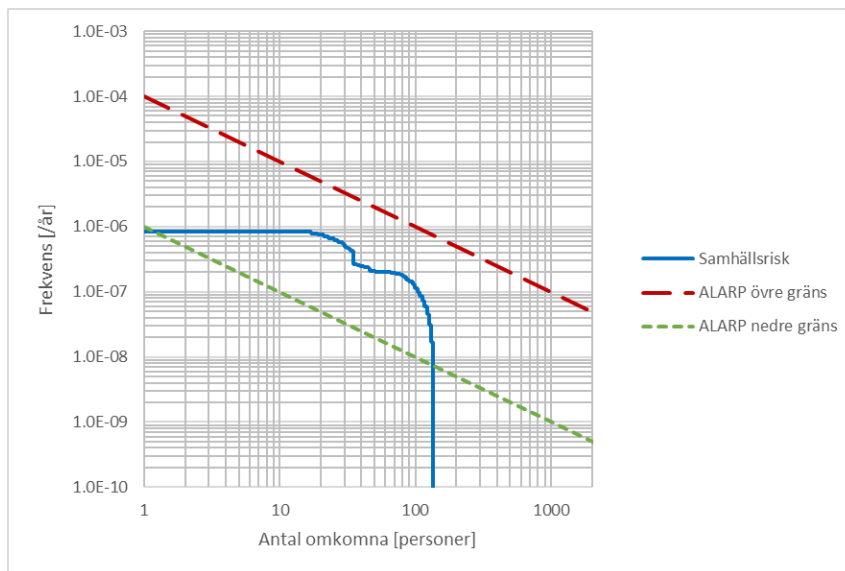
Figur 20 Individrisk för varje scenario

5.2 Samhällsrisk

För att uppskatta samhällsrisk har antalet personer inom den planerade bebyggelsen antagits. Baserat på antal lägenheter och personal inom det planerade äldreboendet och gruppboendet har

totalt 150 personer antagits befinna sig inomhus i äldre och gruppboendet på planområdet. Dessutom antas 5,5% till vistas utomhus i enlighet med riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen [17].

Samhällsrisk bedöms ligga inom acceptabla risknivåer, under förutsättning att föreslagna riskreducerande åtgärder genomförs. Det är sannolikt att samhällsrisk i verkligheten är lägre med hänsyn till konservativa antaganden och konsekvensberäkningar som använts i analysen.



Figur 21 Samhällsrisk

5.3 Osäkerhet

Risikanalys är alltid förenade med osäkerheter som kan påverka resultatet. Dessa osäkerheter är kopplade till flera faktorer, såsom antaganden och tillgängliga indata som ligger till grund för beräkning av olycksfrekvenser och konsekvenser.

Antalet personer i den nya bebyggelsen är känt och förväntas inte öka i någon större omfattning. Den faktor som bedöms ha störst påverkan på resultatet är mängden lagrade batterier och däck.

Den mängd brännbart material som antagits i utredningen är baseras på tillgänglig information från verksamheten och återspeglar de mängder som lagras där idag. En ökning i mängden lagrade batterier och däck på båda fastigheter (Sjöåkra 1:5 och Sjöåkra 1:10) kan påverka riskutredningens resultat.

6. Känslighetsanalys

Som tidigare nämnts är den största osäkerheten i den ovan presenterade riskutredningen mängden brännbart material som lagras på fastigheterna. Resultaten visar konsekvenserna av en brand utifrån de nuvarande lagrade mängderna. I detta kapitel presenteras en känslighetsanalys för att visa hur en ökning med 20% respektive 50% av mängden lagrade batterier och däck på fastighet Sjöåkra 1:5 påverkar resultaten.

Konsekvenserna av en brand i byggnaden på fastigheten Sjöåkra 1:10 har inte beräknats, då den ligger längre från planområdet och innehåller mindre mängder batterier. Om mängden lagrade batterier på Sjöåkra 1:10 skulle öka avsevärt så kan det påverka resultatet av riskutredningen. I

detta kapitel beräknas även den kritiska mängden batterier på Sjöåkra 1:10 från vilken resultaten börjar påverkas.

6.1 Brand i byggnaden på Sjöåkra 1:5

6.1.1 Scenario 4 – Explosion

Nedan presenteras blastradien som uppstår vid antändning av utsläppts vätgas i samband med en batteribrand. I Tabell 3 Explosions omfattning - känslighetsanalys Tabell 3 nedan redovisas värden för grundscenariot samt för scenarier med 20% respektive 50% ökning av mängden lagrade batterier.

Tabell 3 Explosions omfattning - känslighetsanalys

	Grundscenario	+20%	+50%
Yellow (1.0 psi = shatters glass)	122m	133m	150m

6.1.2 Scenario 5 – Utsläpp av giftiga gaser (batteribrand)

Nedan presenteras spridningsomfattning av SO₂, CO, och CO₂ som frigörs vid en batteribrand. I Tabell 4, Tabell 5, och Tabell 6 nedan redovisas avstånd kopplade till spridningen av respektive ämne (SO₂, CO, och CO₂) för grundscenariot samt för scenarier med 20% respektive 50% ökning av mängden lagrade batterier.

SO₂

Tabell 4 SO₂ spridning (batteribrand)- känslighetsanalys

	Grundscenario	+20%	+50%
Red (100 ppm = IDLH)	76m	85m	87m
Orange (25 ppm = ERPG-3)	160m	177m	184m
Yellow (3 ppm = ERPG-2)	493m	544m	568m

CO

Tabell 5 CO spridning (batteribrand) - känslighetsanalys

	Grundscenario	+20%	+50%
Red (1200 ppm = IDLH)	177m	194m	202m
Orange (500 ppm = ERPG-3)	275m	301m	314m
Yellow (350 ppm = ERPG-2)	329m	360m	376m

CO₂

Tabell 6 CO₂ spridning (batteribrand) - känslighetsanalys

	Grundscenario	+20%	+50%
Red (40000 ppm = IDLH)	94m	102m	107m

6.1.3 Scenario 6 – Strålning (batteribrand)

Nedan presenteras strålningsradierna vid en batteribrand för grundscenariot samt för scenarier med 20 % och 50 % ökning av mängden brandfarliga varor.

Tabell 7 Strålningszon omfattning (batteribrand) - känslighetsanalys

	Grundscenario	+20%	+50%
Strålningszon 35kW/m ²	85m	90m	99m

Vid en brand i däcklagret uppgår strålningsradien för 35 kW/m² till 27,7 meter i grundscenariot. Med en ökning av brandfarliga varor med 20 % ökar radien till 31 meter, och vid en 50 % ökning till 34 meter. Detta innebär en tydlig förstärkning av brandens termiska påverkan och därmed en utökning av riskzonen för allvarliga personskador och sekundärantändning.

6.1.4 Scenario 7 – Utsläpp av giftiga gaser (däcksbrand)

Nedan presenteras spridningsomfattning av SO₂, CO, och CO₂ som frigörs vid en brand i däcklagret. I Tabell 8, Tabell 9, och Tabell 10 nedan redovisas avstånd kopplade till spridningen av respektive ämne (SO₂, CO, och CO₂) för grundscenariot samt för scenarier med 20% respektive 50% ökning av mängden lagrade batterier.

SO₂

Tabell 8 SO₂ spridning (brand i däcklager) - känslighetsanalys

	Grundscenario	+20%	+50%
Red (100 ppm = IDLH)	108m	117m	134m
Orange (25 ppm = ERPG-3)	227m	246m	278m
Yellow (3 ppm = ERPG-2)	700m	756m	852m

CO

Tabell 9 CO spridning (brand i däcklager) - känslighetsanalys

	Grundscenario	+20%	+50%
Red (1200 ppm = IDLH)	103m	111m	124m
Orange (500 ppm = ERPG-3)	160m	172m	193m
Yellow (350 ppm = ERPG-2)	191m	206m	230m

CO₂

Tabell 10 CO₂ spridning (brand i däcklager) - känslighetsanalys

	Grundscenario	+20%	+50%
Red (40000 ppm = IDLH)	45m	49m	54m

6.1.5 Scenario 8 – Strålning (däckbrand)

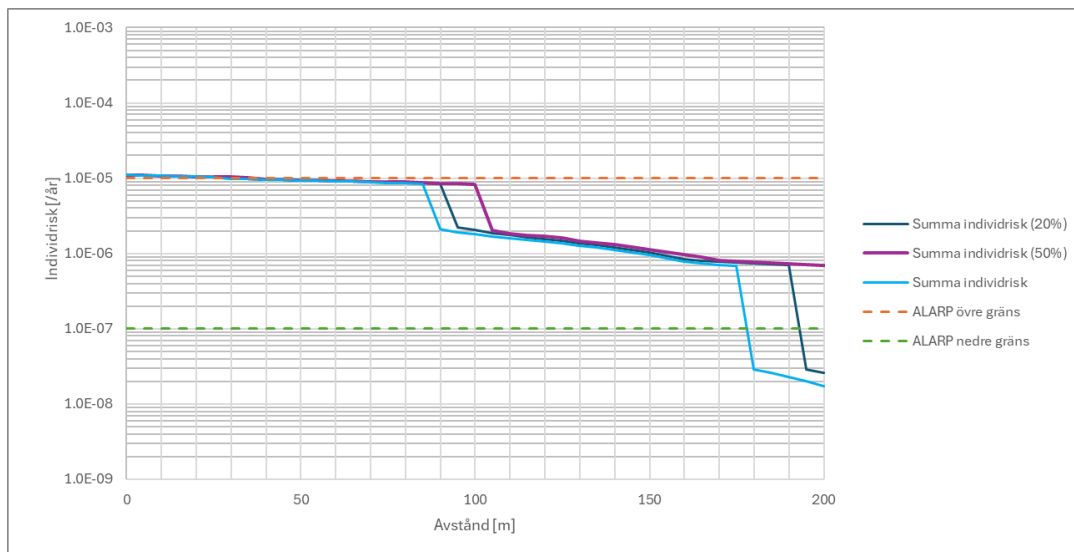
Nedan presenteras värdena för strålningsradier vid en brand i däcklagret för grundscenariot samt för scenarier med 20 % och 50 % ökning av mängden varor.

Tabell 11 Strålningszon omfattning (batteribrand) - känslighetsanalys

	Grundscenario	+20%	+50%
Strålningszon 35kW/m ²	27,7m	31m	34m

6.1.6 Individrisk

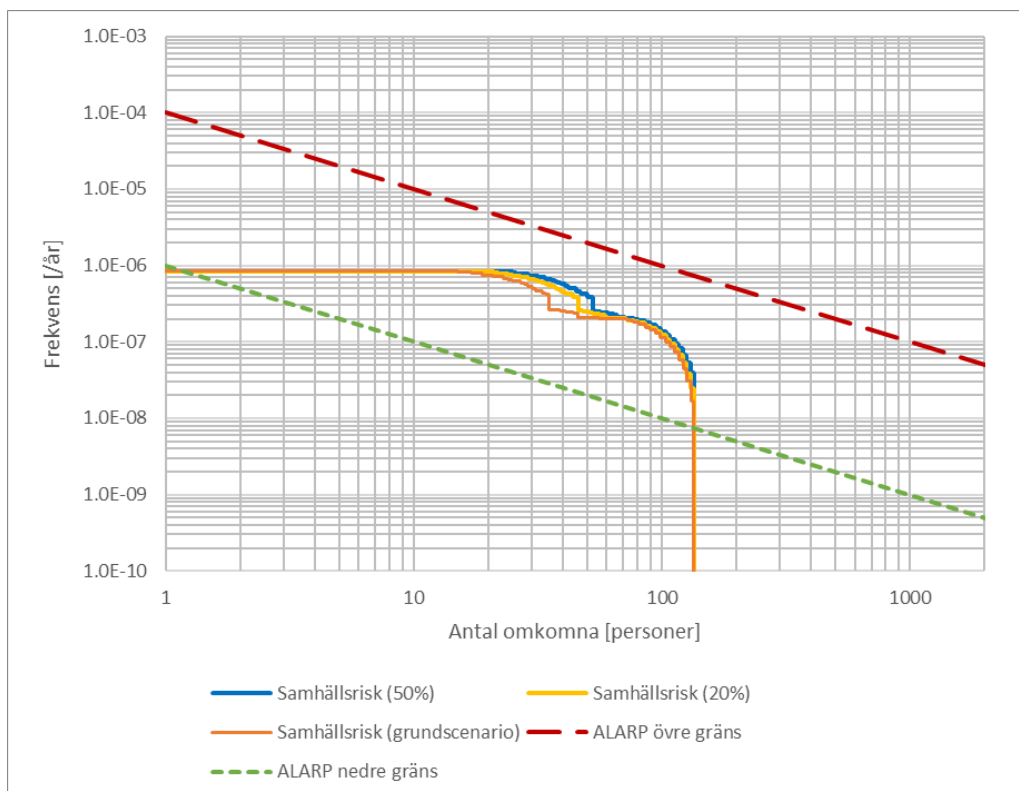
Individriskkurvan förskjuts åt höger i takt med att mängden lagrat material ökar. Vid en 20 % ökning ökar det avstånd där risken understiger den övre ALARP-nivån från 28 meter till 32,5 meter, och vid 50 % ökning till 36,9 meter. Den närmaste planerade byggnaden ska ligga 30m från fasaden på det befintliga lagerbyggnad, vilket innebär att redan vid en 20 % ökning av mängden lagrat material hamnar delar av det planerade området inom en risknivå som bedöms som oacceptabel (Figur 22).



Figur 22 Total individrisk (grundscenario, +20%, och 50%)

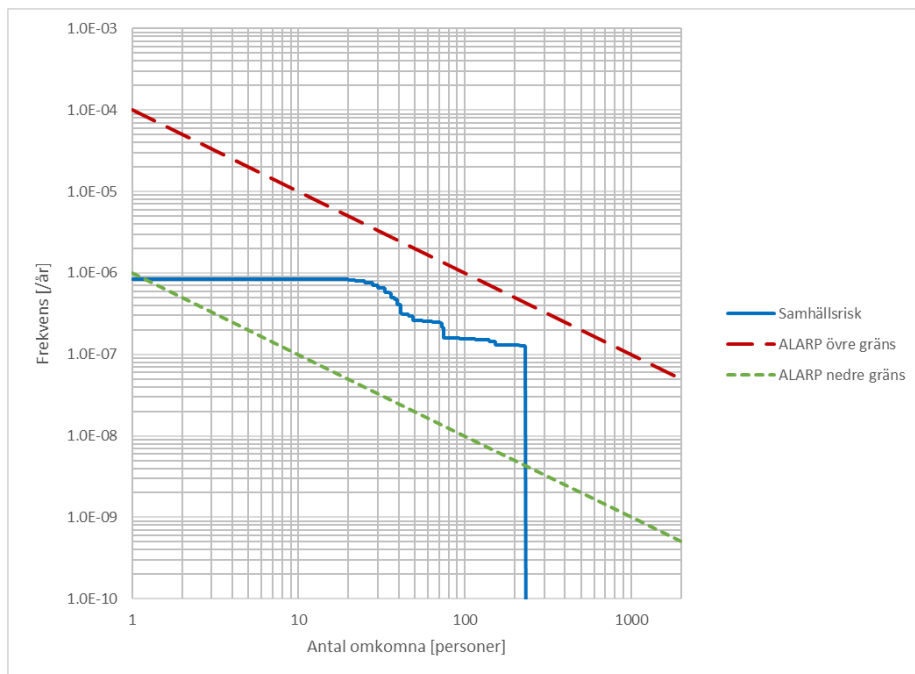
6.1.7 Samhällsrisk

Den samhälleliga risken påverkas inte i samma utsträckning av en ökning i mängden lagrat material som individrisken gör. Även vid en ökning med 50 % ligger den samhälleliga risken fortsatt inom ALARP-området, vilket innebär att risken är tolerabel under förutsättning att rimliga riskreducerande åtgärder vidtas (Figur 23).



Figur 23 Samhällsrisk (grundscenario, +20%, och +50%)

Kommunen planerar även eventuella bostäder öster om planområdet. Bilderna nedan visar samhällsriskerna med hänsyn till de planerade byggnaderna. Det har antagits att varje lägenhet ska rymma fyra personer (totalt 150 personer).



Figur 24 Samhällsrisk med hänsyn till planerade bostäder

6.2 Brand i byggnaden på Sjöåkra 1:10

Byggnaden på fastigheten Sjöåkra 1:10 ligger 80 meter från det planerade området och används för lagring av batterier (ej däck). Beräkningar har genomförts för att bedöma hur stor ökning av batterimängden som skulle krävas för att påverka resultaten i den tidigare presenterade riskbedömningen. Enligt våra beräkningar skulle mängden lagrade batterier behöva ökas med en faktor om 11 för att säkerhetsavståndet från denna fastighet ska bli så stort att det påverkar den tidigare fastställda riskbilden för det planerade området. Det innebär att den nuvarande lagringsverksamheten på Sjöåkra 1:10 inte utgör någon relevant påverkan på risknivån.

7. Åtgärdsförslag

Nedan följer förslag på riskreducerande åtgärder.

7.1 Skyddsavstånd

Ingen ny skyddsvärda bebyggelse (t.ex. bostäder) bör uppföras inom 28 m från fasaden av däck/batterilager då är risken för hög. Väderskyddade cykelskjul leder inte till ökade risker eller konsekvenser och anses därför tillåtna inom det avståndet.

Om byggnaden brinner ska personer som befinner sig utomhus kunna se branden eller röken, och även känna värmen om branden blir tillräckligt stor. Det är osannolikt att förbipasserande inte skulle märka en brand som är i deras direkta synfält. Av denna anledning är gator, cykelvägar och gångbanor tillåtna inom högriskzonen.

7.2 Disposition av planområde

Åtgärden innebär att bestämma hur marken som omfattas av detaljplanen får användas och bebyggas. Dispositionen berör användning av mark och byggnader, placering av byggnader, planteringar, grönområden, gång- och cykelvägar, parkeringar, etc. Åtgärden är egentligen ingen "egen" säkerhetsåtgärd utan en kombination av enskilda åtgärder som t.ex. användning av mark, och skyddsavstånd. [18]

Baserat på den nuvarande utformningen krävs inga ytterligare åtgärder. Framtida förändringar bör inte innebära en ökning av fasadarean mot riskkällan eller en förflyttning av byggnaden närmare riskkällan.

7.3 Placering av friskluftsintag

Byggnaders friskluftsintag bör placeras på oexponerad sida, vanligtvis bort från riskkällan. Syftet med åtgärden är att, vid utsläpp, minska den mängd gas som kommer in i byggnaden via ventilationssystemet. [18]

Oavsett placering av ventilationssystemets intag ska det projekteras så att ett spjäll är placerat vid in- och uttaget som stänger automatisk via detektering av rök i tilluftskanalen. Personal ska kunna manuellt stänga spjällen vid olyckan via en knapp vid brandlarmcentralen.

7.4 Utformning av fasaden och taket

De största konsekvenser uppstår från höga strålningsnivåer vilka leder till spridning av branden.

För att begränsa brandspridning ska fasadmaterial och takmaterial vara obrännbara (A2-s1,d0). Det gäller inom avståndet där strålningsnivåer är upp till 10 kW/m². Enligt beräkningarna (se 9.3.2) ska det avståndet vara upp till 166m från riskkällan.

Dessutom ska fasaden som är exponerad till riskkällan och som ligger inom avståndet där strålningen går upp till 35 kW/m² vara brandklassade EI 60 vilket även inkluderar fönster och dörrar som sitter i fasaden. Det gäller inom 85m från riskkällan.

De åtgärderna (materialklass och EI60 konstruktion) även gäller för mindre byggnader inom planområdet såsom soprum och förråd. Undantag kan göras för cykelförråd som utformas av tak men utan väggar.

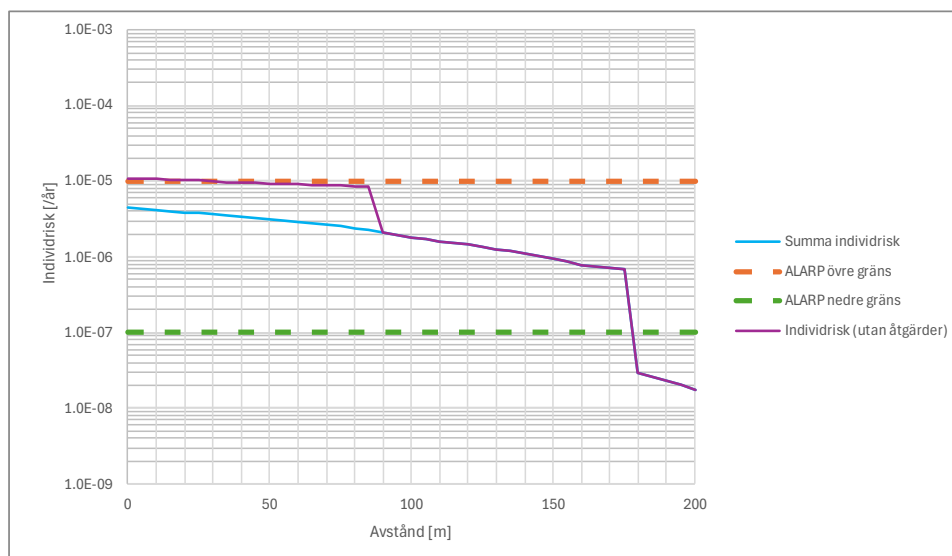
Brandavskiljande fönster och glaspartier ska vara monterade enligt gällande typgodkännande och tillverkarens anvisningar och får endast vara öppningsbara med verktyg, nyckel e.d. Även dörrar i fasaden ska vara brandklassade EI 60 (se Figur 25).



Figur 25 Omfattning fasad åtgärder

Om äldre och gruppboendet byggs innan bostäder så ska krav på obrännbar fasad och tak inte gälla då ska grupp och äldreboendet vara som en skyddsskärm från strålningen.

Utformning av fasaden kan direkt sänka risknivån och därmed även minska skyddsavståndet som krävs för att minimera risken för brandspridning. Förutsatt att åtgärder vidtas minskar individrisken till inom ALARP (Figur 26).



Figur 26 Individerisk - Obrännbart fasad och tak

Observera att åtgärden tar hänsyn till 20% ökning i mängder lagrade material. En större ökning innebär höga risker som är bedömda oacceptabla.

7.5 Skyddsmur

Som ett komplement till den tidigare föreslagna åtgärden (utformning av fasad och tak) föreslås att en skyddsmur uppförs längs fastighetsgränsen mellan planområdet och angränsande fastighet. Muren bör bestå av tegel eller annat material med likvärdiga brandtekniska egenskaper, och ha en höjd om minst 3 meter. Syftet är att avskärma strålningspåverkan vid en eventuell brand från riskkällan, särskilt mot äldreboendet samt gruppboendet inom planområdet.

Genom att uppföra denna mur kan kraven på byggnadernas fasader mot riskkällan reduceras. Fasader och tak ska fortfarande utföras i obrännbart material, men krav på brandteknisk klass EI60 för väggar, dörrar och fönster kan då utgå.

7.6 Utbildning av personal och rutin vid nödsituation

Äldreboendet och gruppboendet är verksamheter där strategin vid brand är att de boende ska stanna kvar i sina lägenheter (egna brandceller). Utrymning kan förväntas ta lång tid och vara resurskrävande. Vid brand utomhus ska byggnaden inte utrymmas, utan en "stay put"-strategi ska tillämpas.

Personal som arbetar inom äldreboendet och gruppboendet ska vara utbildad för att hantera nödsituationer. Vid brand i däck- eller batterilager ska personalen säkerställa att alla fönster och fasaddörrar är stängda och se till att ingen vistas nära fönstren. Vid behov ska ventilationssystemet stängas av manuellt. Om det krävs ska personer utrymmas till den del av byggnaden som ligger längst bort från riskkällan.

Denna åtgärd gäller endast äldreboendet och gruppboendet, där de boende kan ha svårt att orientera sig samt med hänsyn till deras medvetandenivå.

8. Sammanfattning

Sammantaget visar analysen att individrisken är oacceptabelt hög i direkt anslutning till riskkällan (inom 28 meter), men att risken minskar till en tolerabel nivå inom ALARP-zonen mellan 28 och 180 meter, och anses vara acceptabelt låg utanför detta område. Samhällsriskens bedöms ligga inom acceptabla nivåer, särskilt med hänsyn till de riskreducerande åtgärder som föreslås.

Osäkerheter i analysen har identifierats, framför allt kopplade till variationer i mängden lagrat brännbart material. Förutsättningarna för analysen baseras på nuvarande lagringsvolym, och eventuella förändringar i dessa kan påverka risknivåerna. En känslighetsanalys har genomförts för att ta hänsyn till förändringar i mängden lagrade varor. Vid en ökning på 20% börjar riskutredningens resultat påverkas negativt. Strålningen är den största risken på planområdet där specifika riskreducerande åtgärder har tagits fram för att minska risken för brandspridning.

Det är därför viktigt att framtida förändringar i verksamhetens omfattning eller utformning beaktas genom uppdaterade riskbedömningar. Under rådande förutsättningar anses den planerade markanvändningen vara möjlig att genomföra, förutsatt att rimliga skyddsåtgärder vidtas och att fortsatt kontroll av risknivåerna sker.

9. Slutsatser

Ramboll Sweden AB har analyserat riskbidraget från närliggande batteri- och däcklagren till den planerade bebyggelsen på fastigheten Sjöåkra 4:1. Följande är åtgärder som gäller under respektive avstånd från riskkällan beroende på risknivå och riskscenarion.

0-28m från riskkällan:

Risken inom 28m från batteri- och däcklagren bedöms vara oacceptabelt hög med avseende på risken för brandspridning. Därför bör inga skyddsvärda byggnader (tex. Boende, kontor, skolor...) uppföras inom detta avstånd utan att skyddsåtgärder implementeras. Väderskyddade cykelskjul leder inte till ökade risker eller konsekvenser och anses därför tillåtna inom det avståndet.

28-85m från riskkällan:

Inom det avståndet ligger planområdet inom en extremt hög strålningszon (35 kW/m²). Därför ska fasaden exponeras till riskkällan vara brandklassade EI 60 vilket även inkluderar fönster och dörrar som sitter i fasaden.

Om en skyddsmur (3m hög) eller en byggnad byggs mellan riskkällan och delar av fasaden så ska EI60-kravet på de delarna utgå.

28-166m från riskkällan:

Inom 28-166m ligger individrisken inom ALARP zonen och ligger planområdet inom en hög strålningszon (10 kW/m²). Därför ska fasadmaterial och takmaterial vara obrännbart (A2-s1,d0).

Krav på obrännbar fasad och tak gäller inte för byggnader som skärmas av från riskkällan.

De åtgärderna (materialklass och EI60 konstruktion) även gäller för mindre byggnader inom planområdet såsom soprum och förråd. Undantag kan göras för cykelförråd som utformas av tak men utan väggar.

28-180 m från riskkällan:

Inom den avståndet så ligger individrisken inom ALARP och generella åtgärder nedan gäller.

- Placering av friskluftsintag på sidan som vetter bort från riskkällan
- Möjlighet till nödstängning av ventilationssystem
- Utbildning av personal inom äldre och gruppboende

Under förutsättning att föreslagna åtgärder vidtas bedöms en rimlig riskhänsyn ha tagits med avseende på olycksrisker inom planområdet. De riskreducerande åtgärderna kan hantera en ökning av 20% lagrat material. En högre ökning ska börja få oacceptabla konsekvenser för det planerade området.

Referenser

- [1 Lantmäteriet, "Karta," 2025. [Online]. Available: <https://minkarta.lantmateriet.se/>.
]
- [2 Jönköpings kommun, "Delprogram brandsäkerhet och operativa insatser 2022-2026," 2022.
]
- [3 Sveriges Riksdag, "Lag (2003:778) om skydd mot olyckor," 2003.
]
- [4 Krook & Tjäder, *ALternativ situationplan*, 2025.
]
- [5 SMHI, "Medelvind, byvind och vindriktning - Öppna data, vind," 2025. [Online]. Available:
] <https://www.smhi.se/data/temperatur-och-vind/vind/wind/73001>.
- [6 SMHI, "Data som beskriver väder och klimat - Öppna data, Temperatur," 2025. [Online].
] Available: <https://www.smhi.se/data/temperatur-och-vind/temperatur/airtemperatureInstant/73001>.
- [7 Swedish Standards Institute, SIS, Svensk standard SS-ISO 31000:2018. Riskhantering -
] Vägledning, Stockholm, 2018.
- [8 Räddningsverket, Värdering av risk, 1997.
]
- [9 Länsstyrelsen Södermanlands län, Farligt gods - hur man kan planera med hänsyn till risk för
] olyckor intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods, 2015.
- [1 MSB, Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006, 2006.
0]
- [1 H. Johansson, "Värdering av brandrisker i industrier," Lund University, department of fire
1] safety engineering, Lund, 1999.
- [1 Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, "B20. Antal bränder och brandtillbud i
2] byggnad per verksamhet/bostadstyp, slutlig omfattning, startutrymme, plats, månad,
veckodag och timme 2007 - 2024," [Online]. Available:
https://statistik.msb.se/PXWeb/pxweb/sv/PxData/START__B__B2/B20/.
- [1 Statistiska centralbyrån, SCB, "Byggnader, antal och markyta efter region och byggnadstyp.
3] År 2010 - 2023," [Online]. Available:
https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__MI__MI0803__MI0803B/Marka nvByggnadLnKnN/.
- [1 Brandskyddsföreningen, "Brandskyddsföreningens brandrapport 2023," 2023. [Online].
4] Available:
https://issuu.com/brandskyddsforeningen/docs/brandrapport_2023_region_j_nk_pings_l_n.
- [1 K. W. Dungan, "Reliability of Fire Alarm Systems," 2007. [Online]. Available:
5] <https://www.sfpe.org/publications/fpemagazine/fpearchives/2007q1/2007q14#:~:text=The%20reliability%20of%20fire%20alarm,relability%20greater%20than%2099.9%20percent..>
- [1 Z. Nelson, "ORR Protection," 18 August 2016. [Online]. Available:
6] https://www.orrprotection.com/mcfp/top-causes-of-fire-detection-system-failure?utm_source=chatgpt.com.
- [1 Länsstyrelsen i skåne län, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplanering," 2007.
7]
- [1 Räddningsverket, "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006,"
8] 2006.

- [1 E. Gibson, "Is the Reaction in a Lead Acid Battery Endothermic? Thermal Effects and Safety
9] Risks Explained," 09 12 2024. [Online]. Available: <https://poweringautos.com/is-the-reaction-in-a-lead-acid-battery-endothermic/>.
- [2 Y. Ma och K. Qiu, "Recovery of lead from lead paste in spent lead acid battery by
0] hydrometallurgical desulfurization and vacuum thermal reduction," *International Journal of Integrated Waste Management*, 2015.
- [2 S. Nahidi, I. J. Gavzan, S. Saedodin och M. Salari, "Temperature rise and thermal runaway
1] phenomena in Flooded Lead-Acid Batteries based on experimental studies," *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 1011.
- [2 Concordia University, "Lead Acid Batteries," 2016.
2]
- [2 IEEE/ ASHRAE, "IEEE/ASHRAE Guide for the Ventilation and Thermal Management of Batteries
3] for Stationary Applications," IEEE, 2022.
- [2 A. Tewarson, "Chapter 4: Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires," i *SFPE
4] Handbook of Fire Protection Engineering*, 202.
- [2 D. Purser, "Toxicity assessment of combustiopn products," 2002.
5]
- [2 ISO, "ISO 19700:2016 Controlled equivalence ratio method of the determination of hazardous
6] components of fire effluents - Steady-state tube furnace," 2016.
- [2 United States Environmental Protection Agency - Office of Research and Development, "Air
7] emissions from scrap tire combustion," 1997.
- [2 Aylón, Murillo, Fernández-Colino, Aranda, Garcia, Callén och Mastral, "Emissions from the
8] combustion of gas-phase products at tyre pyrolysis," *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2006.
- [2 S. Petrovic, "Lead-Acid Batteries," i *Battery Technology Crash Course*, Springer, 2021.
9]
- [3 B. Ulrika, J. Sofia och G. Åsa , "Probit functions for selected chemicals based on AEGL-3
0] values," Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) , 2019.
- [3 The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), "Immediately Dangerous
1] to Life or Health Values - Carbon dioxide," 1994. [Online]. Available:
https://www.cdc.gov/niosh/idlh/124389.html?utm_source=chatgpt.com.
- [3 Ministerie van Verkeer en Waterstaat, "Guidelines for quantitative risk assessment," 2005.
2]
- [3 Försvarets forskningsantalt (FOA), "Vådausläpp av brandfarliga och giftiga gaser och
3] vätskor," 1998.
- [3 Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, "Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn
4] transporter av farligt gods, Bilagorna 1-5," 1997.
- [3 Center for Chemical Process Safety (CCPS) of the American Institute of Chemical Engineers
5] (AIChE), "Guidelines for Chemical Process Quantitaitve Risk Analysis," 2000.
- [3 Alonso, F. D., Ferradás, E. G., Pérez, J. F., Aznar, A. M., Gimeno, J. R., & Alonso, J. M.,
6] Characteristic overpressure–impulse–distance curves for the detonation of explosives,
pyrotechnics or unstable substances., *Journal of Loss Prevention in the Process*, 2006.
- [3 SMHI, "Ladda ner meteorologiska observationer," Bromma ,
7] <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=wind,stations=core,stationid=85240>.

[3 Federal Emergency Management Agency, US Department of Transportation, and US
8] Environmental protection Agency, Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures,
Washington DC, 1988.

Bilaga 1 – Beräkningar

Observera att alla beräkningsunderlag, antaganden och beräkningar som presenteras i denna bilaga inte tar hänsyn till några riskreducerande åtgärder.

9.1 Termisk nedbrytning av blybatterier

När blybatterier (särskilt i stora mängder) brinner eller utsätts för hög värme kan flera saker hända [19] [20] [21]:

- Elektrolytnedbrytning: Svavelsyran (H_2SO_4) i batteriet kan frigöra vätgas och svaveloxider när den reagerar med interna batterikomponenter (t.ex. bly, vatten, separatorer).
- Kokning av vatten i elektrolyten: Ångbildning och eventuellt bildning av vätgas effekter vid höga temperaturer.
- Plasthölje-nedbrytning: De flesta batterier har polypropen eller liknande plast, som bryts ner till brandfarliga kolväten och även vätgas.

9.2 Konsekvensberäkningar

Konsekvensberäkningar genomförs i ALOHA (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*) 5.4.7 och manuella beräkningar enligt SS-EN-1991-1-2 Actions on structures exposed to fire Bilaga G.

Resultaten från ALOHA representerar olika avstånd som återspeglar kritiska koncentrationer eller tryck. Där rött är Hög riskzon, orange medelriskzon och gul mindre riskzon.

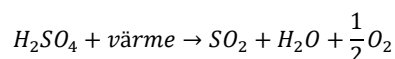
Beräkningarna utgår från medelvärden för vindhastighet och temperatur. Sannolikheten för vindriktning mot planområdet beräknas från historiska data.

9.2.1 Explosion

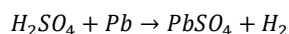
Grund för uppskattningen

Uppskattningen är en övre gräns, baserad på:

1. Elektrolytmassa eller syrainnehåll per batteri:
Blybatterier innehåller vanligtvis ~30 % svavelsyra i vikt [22].
2. Antaganden om termiska nedbrytningsreaktioner:
De förenklade reaktioner som används är:



Eller under mer reducerande förhållanden:



Beroende på förhållandena kan en viss mängd vätgas (H_2) frigöras. Detta är inte alltid dominerande reaktioner om inte specifika förhållanden (t.ex. slutna utrymmen, reducerande miljö) föreligger, men kan användas som värsta fall i riskmodellering.

4. Ämnen som kan bildas vid brand i plast:
Polypropen bryts ner vid höga temperaturer och kan avge små mängder vätgas samt alkener, alkaner och aromatiska föreningar.

5. Uppskalning från litteratur:

Genom att anta en viss andel H_2SO_4 per batteri, och skalar upp till den aktuella mängden batterier, kan totala vätgasproduktionen uppskattas genom att anta en maxprocent av nedbrytningen som går till H_2 (ofta $<0,5\%$ av massan [23]).

Tabell 12 Kalkyl av H_2 utsläpp

Batterityp	Blybatteri	
Mängd	6000	ton
Densitet H_2	2	g/mol
Andel svavelsyra	30%	
H_2SO_4	1 800 000	kg
Andel vätgas (av svavelsyrans massa)	0.50%	
H_2	9 000	kg
V_{H_2}	100 800	m^3

Blast – ALOHA Output

THREAT ZONE

Red: LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)

Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)

Yellow: 122 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

Viktig reservation

I verkligheten är vätgas inte den huvudsakliga nedbrytningsprodukten från en blybatteribrand — det är SO_2 , SO_3 , CO , CO_2 och syramoln, där vätgas är en mindre komponent om inte elektrolys eller direkta reaktioner mellan syra och metall sker vid höga temperaturer. Med hänsyn till mängden lagrade batterier samt den potentiella förstörelsen på grund av en explosion har utsläpp av väte och simulering av en explosion beaktats.

Syramoln är typiskt tyngre än luft och bildar ett "tungt, kallt moln". I ett slutet eller delvis slutet utrymme, som en byggnad, är det mycket sannolikt att molnet stannar kvar inomhus under en viss tid. Eftersom det är tyngre än luft kan det sprida sig längs golv. Därför har detta scenariot inte beaktats.

Den ursprungliga uppskattningen av vätgasutsläpp är alltså:

- En överslagsberäkning
- Baserad på litteratur kring brandmodellering av syreinhållande enheter
- Avsedd för användning i ALOHA som en förenklad gasmodellering

Det ger en utsläppsvolym av vätgas som sedan kan fördelas över brinntid för att uppskatta kg/s eller m^3/s för modellering. ALOHA simulerar en utomhus explosion. I verkligheten är det möjligt att explosionen uppkommer innan eller efter taket raser in. Ifall explosionen är inomhus så ska lagers struktur absorbera trycket vilket leder till skräp som kan inträffa personer som befinner sig utomhus. En utomhus explosion påverkar planerade bebyggelsen direkt dock tar hänsyn till spridningen av väte i luften snarare än dess ackumulering.

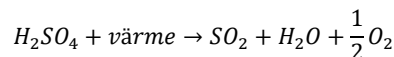
9.2.2 Giftiga gaser

9.2.2.1 Batteribrand

Giftiga gaser från en blybatteribrand kan komma från plasten eller svavelsyran i batterierna.

Gasutsläpp från svavelsyra (H₂SO₄)

När svavelsyra genomgår termisk nedbrytning vid höga temperaturer (vanligtvis över 600°C), bildas främst svaveldioxid (SO₂), vattenånga (H₂O) och syre (O₂), enligt följande reaktion:



Därmed görs följande beräkningar:

Per ton H₂SO₄:

- Molmassa för H₂SO₄: 98,08 g/mol
- Substansmängd i 1 000 kg: $\frac{1000000 \text{ g}}{98,08 \text{ g/mol}} = 10\,195 \text{ mol}$

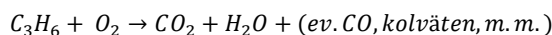
Enligt stökiometri ges då:

- SO₂ producerat: 10 195 mol × 64,07 g/mol ≈ 653,6 kg
- H₂O producerat: 10 195 mol × 18,02 g/mol ≈ 183,8 kg
- O₂ producerat: (10 195 mol × 0,5) × 32,00 g/mol ≈ 163,1 kg

Batterityp	Blybatteri	
Mängd	6000	ton
Molmassa H₂SO₄	98.08	g/mol
Andel svavelsyra	30%	
Massa H₂SO₄	1 800 000	kg
Substansmängd H₂SO₄	18 352.4	mol
Massa SO₂	1175.8	kg
Massa H₂O	330.7	kg
Massa O₂	293.6	kg

Gasutsläpp från plast (polypropen (C₃H₆)_n)

För gasutsläpp från plats beaktas följande reaktion:



Reaktionen leder till följande produkter (Tabell 13) [24] [25] [26]

Tabell 13 utsläpp vid batteribrand

Ämne	Utsläpp (g/kg PP)	Andel (%) av gaser	Totalt utsläpp (ton)
Koldioxid (CO ₂)	2200–2800	ca 60–75 %	2520
Kolmonoxid (CO)	150–300	ca 5–10 %	270
Vattenånga (H ₂ O)	400–600	ca 10–15 %	540
Kolväten	50–150	ca 2–5 %	135
Formaldehyd	5–20	<1 %	18
Sot/partiklar	10–50	ca 1–2 %	45

CO – ALOHA Output

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red : 177 meters --- (1200 ppm = IDLH)

Orange: 275 meters --- (500 ppm = ERPG-3)

Yellow: 329 meters --- (350 ppm = ERPG-2)

CO₂ – ALOHA Output

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red : 94 meters --- (40000 ppm = IDLH)

SO₂ – ALOHA Output

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 76 meters --- (100 ppm = IDLH)

Orange: 160 meters --- (25 ppm = ERPG-3)

Yellow: 493 meters --- (3 ppm = ERPG-2)

9.2.2.2 Däckbrand

Förbränning av gummidäck ger en komplex och toxisk blandning av utsläpp, betydligt giftigare än de flesta vanligt förekommande plaster på grund av deras olika kemiska sammansättning. Däck består av naturliga och syntetiska gummin, oljor, svavelföreningar, kimrök och olika tillsatser, och deras förbränning leder till föroreningar i både gasfas och partikelform [27] [28].

Branden av 65 000kg gummidäck antas leda till följande produkter [27] [28].

Tabell 14 Utsläpp vid däckbrand

Ämne	Typisk mängd (g/kg däck)	Hälso-/miljörisk	Totalt utsläpp (kg)
Kolmonoxid (CO)	200–400	Mycket giftig, blockerar syretransport i blodet	26 000
Koldioxid (CO₂)	2500–3500	Växthusgas, kvävningsrisk	227 500
Partiklar (sot/PM)	100–300	Irriterar luftvägar, bär på toxiner	19 500
Flyktiga organiska ämnen (VOC)	20–100	Innehåller cancerogena ämnen som bensen	6 500
Polyaromatiska kolväten (PAH)	10–40	Många är starkt cancerframkallande	2600
Svaveldioxid (SO₂)	10–30	Orsakar andningsbesvär, bildar surt regn	1950

CO – ALOHA Output

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red : 103 meters --- (1200 ppm = IDLH)

Orange: 160 meters --- (500 ppm = ERPG-3)

Yellow: 191 meters --- (350 ppm = ERPG-2)

CO₂ – ALOHA Output

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red : 45 meters --- (40000 ppm = IDLH)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

SO₂ – ALOHA Output

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 108 meters --- (100 ppm = IDLH)

Orange: 227 meters --- (25 ppm = ERPG-3)

Yellow: 700 meters --- (3 ppm = ERPG-2)

9.2.3 Strålning

9.2.3.1 Batteribrand

För att beräkna strålningszonerna från en 6 000-tons brand med blybatterier, behöver den termiska strålningen uppskattas för att avgöra vid vilka avstånd denna strålning når skadliga nivåer.

Förbränning av plastkapsling (vanligtvis polypropen) är den huvudsakliga bränslekällan. Därför används värmeutsläppet, främst från plastförbränning, vid beräkning av strålningsnivåer.

15% av batterimassan i ett blybatteri brännbar plast [29]. Vilket innebär att i 6 000 ton batterier finns 900 000 kg plast med ett förbränningsvärme på 44 MJ/kg (polypropen).

$$Q_{total\ tillgängligt} = M \cdot h$$

Där

M = mängden brännbart material – kg

h = förbränningsvärme MJ/kg

$$Q_{total\ tillgängligt} = 900\,000 \times 44 = 3,96 \times 10^7 MJ$$

$$\dot{Q} = \alpha t^2$$

Den totala tillgängligt energin beräknas enligt följande:

$$\begin{aligned} Q_{total\ tillgängligt} &= \int_0^{t_{peak}} \alpha t^2 dt + \int_{t_{peak}}^{t_{decay}} \dot{Q}_{peak} dt + \int_{t_{decay}}^{t_{final}} -\alpha t^2 dt \\ &= \frac{\alpha t_{peak}^3}{3} + \dot{Q}_{peak} \cdot t_{decay} - \dot{Q}_{peak} \cdot t_{peak} - \frac{\alpha t_{final}^3}{3} + \frac{\alpha t_{decay}^3}{3} \end{aligned}$$

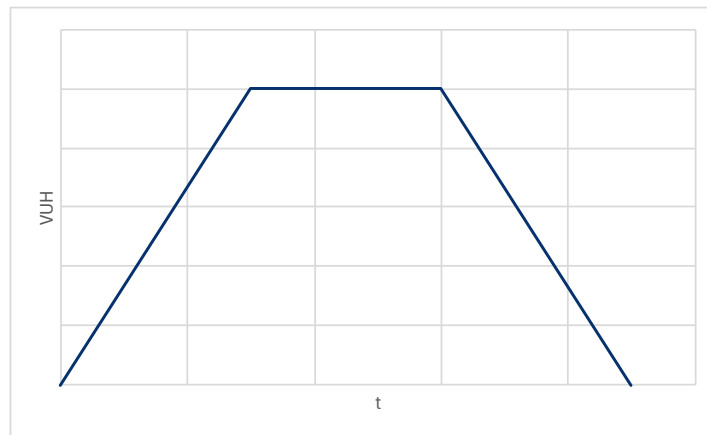
Där

t_{peak} = tid att nå den maximala värmeutvecklingshastighet (VUH)

t_{decay} = tid där värmeutvecklingshastighet börja sänka

t_{final} = tid där branden slutar

Det antas att $t_{peak} = t_{decay} - t_{peak} = t_{final} - t_{decay}$ så att brandkurvan ser ut som Figur 27:



Figur 27 Brandkurvan

$$Q_{total\ tillgängligt} = \frac{\alpha t_{peak}^3}{3} + \dot{Q}_{peak} \cdot t_{peak} + \frac{\alpha t_{peak}^3}{3}$$

$$\dot{Q}_{peak} = \alpha t_{peak}^2$$

$$Q_{total\ tillgängligt} = \frac{\alpha t_{peak}^3}{3} + \alpha \cdot t_{peak}^3 + \frac{\alpha t_{peak}^3}{3}$$

$$Q_{total\ tillgängligt} = \frac{5 \cdot \alpha t_{peak}^3}{3}$$

Genom att anta "fast growth rate" med $\alpha = 0,047\text{ kW/s}^2$ kan brinntid beräknas utifrån den maximala tillgänglig energi.

$$\rightarrow t_{peak} = 7967\text{ s}$$

$$\rightarrow \dot{Q}_{peak} = 2,98 \times 10^6\text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{radiation} = 30\% \times 2,98 \times 10^6 = 8,95 \times 10^6\text{ MW}$$

Det förutsätts att batterierna förvaras i byggnadsdelen närmast den planerade bebyggelsen. Ett ungefärligt mått på den vägg som vetter mot planerad bebyggelse är 36x3 m vilket antas som strålningsyta.

$$q'' = \frac{\dot{Q}_{radiation}}{A} = \frac{18,95 \times 10^6}{(36 \times 3)} = 8\,285\text{ kW/m}^2$$

Där A är strålande ytans area.

Modell för strålningsintensitet:

$$I(r) = q'' \cdot F(r)$$

Där $I(r)$ = mottagen strålningsintensitet på avståndet r

$F(r)$ = siktfaktor mellan den rektangulära ytan och en punkt på avståndet r (ek. G.2 från EN 1991-1-2:2024).

$$F(r) = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{a}{(1+a^2)^{0,5}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{b}{(1+a^2)^{0,5}} \right) + \frac{b}{(1+b^2)^{0,5}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{a}{(1+a^2)^{0,5}} \right) \right]$$

Där

$$a = h/s$$

$$b = w/s$$

s är avståndet mellan strålande ytan och parallell punkt

h är strålande ytans höjd
w är strålande ytans bredd

Med ovan beräkningar ges följande strålningsnivåer på olika avstånd från batterilagret, se Tabell 15.

Tabell 15 Strålningszoner - batteribrand

Strålning [kW/m ²]	Avstånd [m]
35 kW/m ²	85 m
10 kW/m ²	166 m
5 kW/m ²	237 m
2 kW/m ²	376 m

9.2.3.2 Däckbrand

Samma metod använts för att räkna ut strålningsnivåer för däckbranden.

Enligt verksamheten lagras 65 000kg gummidäck i byggnaden. Gummi har en förbränningsvärme på 45 MJ/kg vilket ger följande:

$$Q = 65\,000 \times 45 = 2,925 \times 10^6 \text{ MJ}$$

$$\rightarrow t_{peak} = 3343 \text{ s} = 56 \text{ min}$$

$$\rightarrow \dot{Q}_{peak} = 5,25 \times 10^5 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{radiation} = 30\% \times 5,25 \times 10^5 = 1,58 \times 10^5 \text{ kW}$$

$$q'' = \frac{\dot{Q}_{radiation}}{A} = \frac{1,58 \times 10^5}{(36 \times 3)} = 1\,459 \text{ kW/m}^2$$

Med ovan beräkningar ges följande strålningsnivåer på olika avstånd från batterilagret, se Tabell 16.

Tabell 16 Strålningszoner - däckbrand

Strålning [kW/m ²]	Avstånd [m]
35 kW/m ²	28 m
10 kW/m ²	65 m
5 kW/m ²	96 m
2 kW/m ²	155 m

9.3 Dödlighet

Individrisken är sannolikheten att en händelse kommer inträffa multiplicerat med dödligheten. I avsnitten nedan redovisas hur dödligheten beräknats utifrån respektive konsekvens.

9.3.1 Farliga gaser

Utifrån koncentrationer som erhållits från beräkningar i ALOHA kan dödligheten beräknas för en specifik koncentration med den så kallade *Probit funktionen* [30]. Varje giftigt ämne har sina egna värde för de olika konstanter i Probit funktionen. Värden för CO och SO₂ hämtats från tabeller i samma rapport [30].

$$Pr = \alpha + \beta \times \ln(C^n \times t)$$

Enligt samma rapport [30] kan dödligheten beräknas från Probits värde utifrån en "standard normal deviation" med en +5 offset för att undvika negativa resultat.

$$\text{Dödlighet} = \Phi(\text{Probit} - 5)$$

Det förutsätts att dödlighet vid källan är 100%. Från ALOHA får man en koncentration på ett viss avstånd som kan användas för att interpolera dödligheten mellan två punkter.

Resultatet är konservativt eftersom det representerar dödlighet från koncentrationen av giftiga gaser utomhus snarare än inomhus.

Probit funktionen gäller inte för CO₂ då är det inte en giftig gas i sig, utan utgör snarare en fara till följd av begränsade O₂ nivåer. Enligt The National Institute for Occupational Safety and Health är en koncentration på 100,000 ppm CO₂ att beakta som livsfarlig [31]. Utifrån den informationen och värden för dödlighet för de andra giftiga gaser har dödligheten för CO₂ tagits som 5% på 40 000ppm. Vilket innebär att sannolikheten att man dör när man står inom den 40 000 ppm CO₂ zon är 5%.

9.3.2 Strålning

Som personer förväntas befinner sig inomhus har det antagits att dödlighet är 100% om byggnaden självantänds vilket händer vid strålningsnivå 35 kW/m² [32]. Den uppskattning är väldigt konservativt som det antas att vid brandspridning till äldre/gruppboendet ska ingen kunna utrymma.

9.3.3 Explosion

Konsekvenserna till följd av en explosion kan delas upp i direkta och indirekta skador. De direkta skadorna utgörs av direkt tryckpåverkan på människa eller skador av luftstöt vågor på byggnader. De indirekta skadorna utgörs av tertiära skador alternativt splitter som träffar människor. Tertiära skador innebär att människor kastas omkull av luftstöt vågen och skadar sig eller omkommer då de träffar marken [33].

Gränsen för dödliga skador på människa, 1 % dödlighet, vid direkt tryckpåverkan är 180 kPa (~26 psi) och cirka 350 kPa (~51 psi) för 99 % dödlighet. Gränsen för lungskador är ungefär 70 kPa (~10 psi) [33]. Skador på byggnader kan uppstå vid cirka 20-40 kPa beroende på byggnadens konstruktion.

Konsekvensen är som störst på byggnaderna närmast explosionen då bakomliggande bebyggelse skyddas [34].

Maxtrycket som beräknas kunna uppstå från explosion i batterilager har uppskattats till 1 psi. För att ta hänsyn till såväl de direkt som indirekta skadorna på människor antas en dödlighet av 5% vid trycknivåer då glas krossas, eftersom trycket i sig inte är livsfarligt för människor.