

Rapport

Handläggare

Håkan Niva

Tel

[REDACTED]

Mobil

[REDACTED]

E-post

[REDACTED]

Datum

2024-09-17

Projekt ID

0105499

Kund

LC Energi AB

Uppdragsledare

Håkan Niva

Granskare

Terese Linder

Granskningsdatum

2024-09-09

Bilaga C13

PM Släckvattenutredning inför anläggandet av solpark
Bjernared inom fastigheterna Bjernared 3:3 och
Slättelynga 1:3 i Falkenbergs kommun samt Gräsås 1:5
i Halmstad kommun, Hallands län

Innehållsförteckning

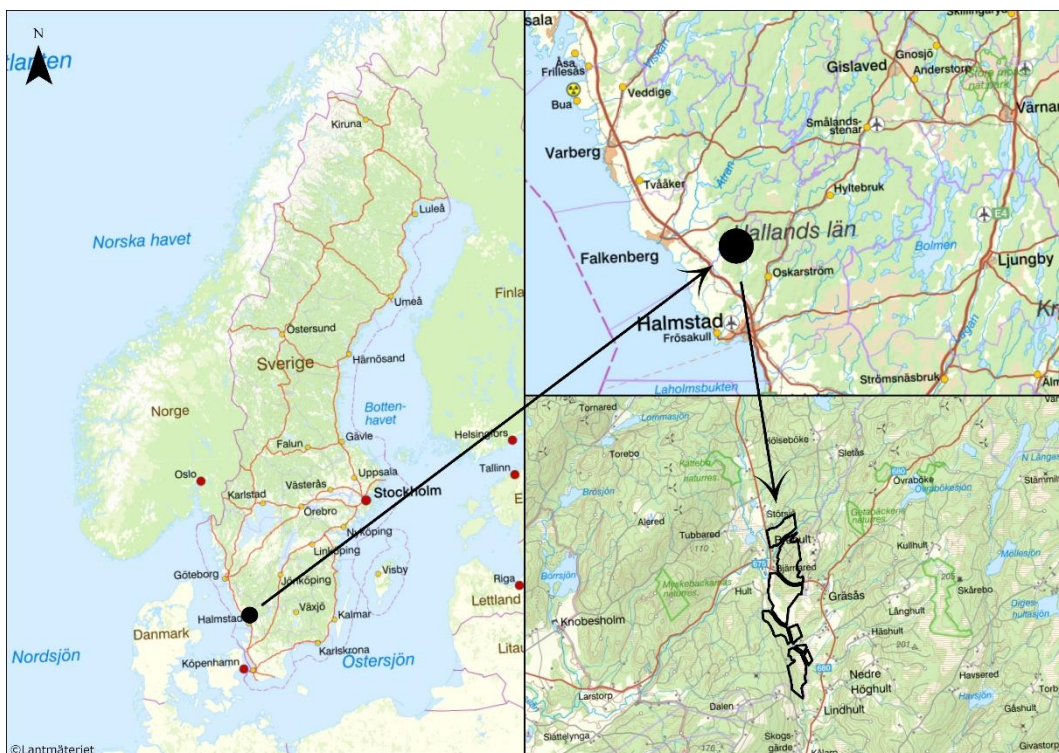
1	Inledning	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Uppdrag och syfte.....	3
1.3	Underlag	4
1.4	Avgränsningar och osäkerheter	4
1.5	Regelverk.....	4
2	Omgivnings- och verksamhetsbeskrivning	4
2.1	Mark- och vattenförhållanden	5
2.2	Verksamheten.....	8
2.2.1	Kemikaliehantering.....	9
2.2.2	Säkerhet	9
3	Räddningstjänstens insatsförmåga.....	10
3.1	Stationer och kapacitet.....	10
3.2	Säkerhetshöjande och insatsstödjande åtgärder.....	10
3.3	Släckmedel och påföring	11
3.3.1	Pulver och koldioxid (handbrandsläckare).....	11
3.3.2	Vatten.....	12
3.3.3	Släckskum	12
4	Släckvatten vid släckinsats.....	12
4.1	Föroreningar vid brand i solpaneler	12
4.2	Allmänt om släckvatten och föroreningar	13
4.3	Spridningsvägar för släckvatten	14
4.4	Kontaminerad jord	15
5	Bedömning av brandscenarier och släckvatten.....	16
5.1	Dimensionerande brandscenarier.....	16
5.1.1	Brand i solpanel.....	16
5.1.2	Brand i transformatorskåp	16
5.1.3	Brand i bod för verktyg	17
5.1.4	Brand i skog/vegetation/åkermark	18
6	Slutsats och resonemang avseende åtgärder	19
6.1	Slutsats	19
6.2	Åtgärdsförslag.....	19
6.2.1	Säkerhetsfunktioner för nedstängning.....	19
6.2.2	Invallning/upsamling och begränsning av flöden	20
6.2.3	Placering av utrustning inom delområden	20
6.2.4	Tillgång till släckmedel.....	20
6.2.5	Utformning av området och tillträde för räddningstjänst.....	20
6.2.6	Organisation	21
	Referenser	22

1 Inledning

1.1 Bakgrund

LC Energi AB avser uppföra en solcellspark inom fastigheterna Bjernared 3:3 och Slättelynga 1:3 i Falkenbergs kommun samt Gräsås 1:5 i Halmstads kommun, Hallands län, se Figur 1-1. Det planerade verksamhetsområdet består av åtta olika delområden (svarta områden i figuren). Nuvarande layout för anläggningen är att betrakta som preliminär, och projektområdet kan komma att anpassas ytterligare efter vad kommande utredningar visar. Notera att vissa figurer i denna rapport utgår från en tidigare layout med nio delområden. Till den nyare layouten har delområde 3 och 4 förts samman. Detta har inte bedömts påverka bedömningarna i underlagsrapporter, varpå alla figurer inte uppdaterats.

Bjernared solpark planeras anläggas på privatmark som idag består av bland annat av produktionsskog, åkermark och våtmark [1].



Figur 1-1. Översiktsskarta över verksamhetsområdet med solparken i Bjernared [2].

1.2 Uppdrag och syfte

AFRY har på uppdrag av LC Energi AB utfört en släckvattenutredning för den planerade solparken. Syftet med släckvattenutredningen är att utreda och redogöra för dimensionerande brandscenarier, åtgärder som verksamheten avser att vidta för att begränsa risk för uppkomst och spridning av brand inom solparken, samt hur risker med förorenat släckvatten planeras att hanteras. Vid behov föreslås ytterligare åtgärder att vidta.

1.3 Underlag

Släckvattenutredningen utgår från följande underlag:

- Bilaga C8 – PM Hydrologisk utredning Bjernared (2024-03-19)
- Bilaga C1 – Samrådsunderlag Bjernared (2024-02-13)
- Bilaga B – Teknisk beskrivning Bjernared (2024-09-03)

1.4 Avgränsningar och osäkerheter

Avsikten med släckvattenstrategin är att i huvudsak hantera den akuta effekten av kontaminerat släckvatten som uppstår vid brand. På så vis kan en stor påfrestning på miljön förhindras. Detta betyder dock inte att arbetet upphör så fort branden släckts. Efteråt kvarstår ett mer eller mindre omfattande saneringsarbete, inklusive destruktion av magasinerat släckvatten och eventuella förorenade massor, som inte behandlas närmare i denna utredning.

Släckvattenutredningen avgränsas till solpaneler med tillhörande utrustning som växelriktare och transformatorer, samt arbetsbodar. Bedömning av energilagringssystem görs inte, då det kommer hanteras i samband med bygglovsansökan.

Det antas ej förekomma omfattande skyfall i samband med en brand som kräver släckinsats.

Utredningen hanterar inte risker under uppförande av solparken och montering/installation av utrustning.

Det är även möjligt att en tidig insats från den lokala kontaktpersonen¹ kan fördröja och begränsa brandens spridning tills räddningstjänsten är på plats. Detta tas dock inte med som en förutsättning.

1.5 Regelverk

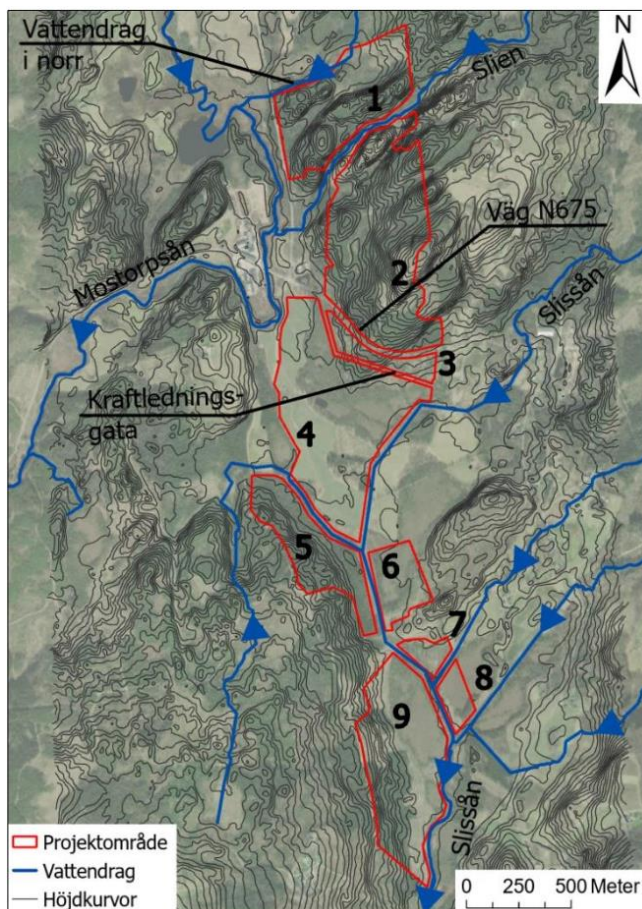
Miljöbalkens (1998:808) försiktighetsprincip (2 kap. 3 §) ställer krav på verksamheter att utföra de skyddsåtgärder, iaktta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön.

Enligt lag (2003:778) om skydd mot olyckor 2 kap. 2 § ska det bland annat i skälighetsomfattning finnas utrustning för släckning av brand samt vidtas de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra eller begränsa skador till följd av brand.

2 Omgivnings- och verksamhetsbeskrivning

Den totala arean av verksamhetsområdet omfattar cirka 170 ha. De olika delområdena visas i Figur 2-1. I den tekniska beskrivningen redovisas delområdena i mer detalj [1]. Notera att i figuren nedan redovisas nio delområden. Delområde 3 och 4 har i senare skede förts samman till delområde 3 och därefter har en förskjutning av numreringar gjorts då layouten ändrats till åtta delområden.

¹ Se avsnitt 2.2.2.



Figur 2-1. Beskrivning av verksamhetsområdet med höjdkurvor och flödesvägar för vatten [2].

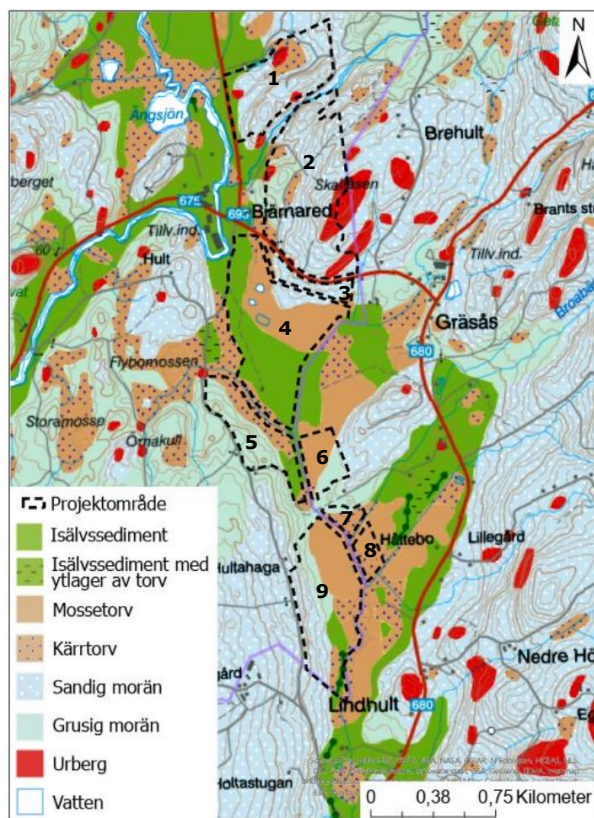
Ett flertal befintliga vägar ligger i dagsläget i anslutning till verksamhetsområdet. Dessa kan komma att förstärkas och vid behov komplettera.

2.1 Mark- och vattenförhållanden

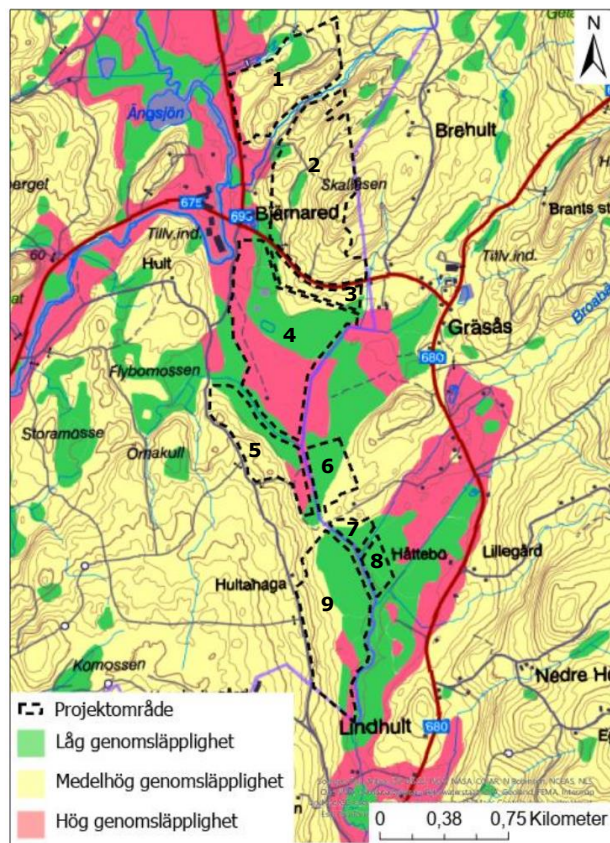
Verksamhetsområdet utgörs till stor del av produktionsskog inklusive äldre och yngre kalhyggen. Stora delar av marken är dikad för att avvattna och få bättre förutsättningar för tillväxten av träd [2]. Utöver produktionsskogen finns även lövsumpskog, mosseskog, våtmarker och en del jordbruksmark, främst inom delområde 4.

Geologin inom verksamhetsområdet är varierande. I norr domineras den av sandig och grusig morän med inslag av urberg och i de mittersta delarna finns det främst mossetorv och isälvsediment. I söder förekommer främst sandig och grusig morän i väster och mossetorv och isälvsediment i öster.

Jordartsvariationen sammanfaller väl med förändringarna i topografin, se Figur 2-2. I de höglänta områdena med starkare lutning återfinns moränen medan mossetorv och isälvsediment främst finns i de låglänta, flacka delarna av verksamhetsområdet. Områden med mossetorv bedöms ha låg genomsläpplighet och områdena med isälvsediment bedöms ha hög genomsläpplighet. Områden med morän har medelhög genomsläpplighet. I Tabell 2-1 och Figur 2-3 sammanfattas bedömd genomsläpplighet för respektive delområde.



Figur 2-2. Urklipp från SGU:s kartvisare Jordarter 1:25 000 – 1:100 000 [2].



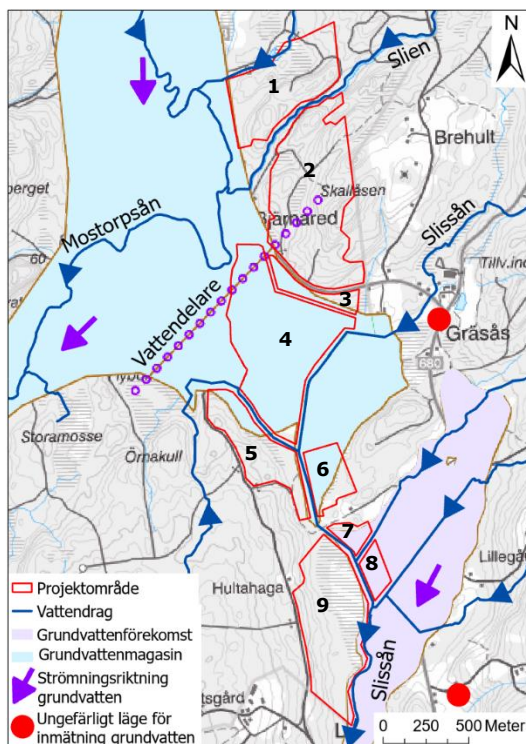
Figur 2-3. Urklipp från SGU:s kartvisare Genomsläpplighet [2].

Tabell 2-1. Genomsläpplighet för respektive delområde.

Delområde	Genomsläpplighet
1	Medelhög
2	Medelhög
3	Medelhög
4	Låg/hög
5	Låg/medelhög/hög
6	Låg/medelhög
7	Låg
8	Låg
9	Låg/medelhög

Verksamhetsområdet överlappar delvis med en grundvattenförekomst och två grundvattenmagasin, se Figur 2-4. Den sydöstra delen av verksamhetsområdet överlappar delvis med grundvattenförekomsten Suseån-Slättåkra som är en sand- och grusförekomst samt en dricksvattenförekomst [2]. Delområden 7 och 8 överlappar i stort med denna, medan delområde 8 angränsar till grundvattenförekomsten. Delområde 4 överlappar i stort med ett av grundvattenmagasinen medan delområdena 3, 5 och 6 delvis överlappar. Delområdena 1 och 2 angränsar till grundvattenmagasinen. Grundvattenmagasinen är inte klassade som grundvattenförekomster.

I norr rinner ett icke namngivet vattendrag och mellan delområde 1 och 2 rinner vattendraget Slien från nordost [2]. Nordväst om projektområdet passerar vattendraget Suseån/Mostorpsån (vidare benämnt Mostorpsån). I sydöst rinner vattendraget Suseån/Slissån söderut (vidare benämnt Slissån). Delområde 6, 7 och 8 ligger på östra sidan om Slissån och resterande delområden ligger på västra sidan. Väg N 675 passerar mellan delområde 2 och 3 och centralt korsas projektområdet av en kraftledningsgata, mellan delområde 3 och 4. Därutöver finns ett antal mindre vägar inom verksamhetsområdet.



Figur 2-4. Grundvattenmagasin och grundvattenförekomst inom och i närheten av verksamhetsområdet [2].

2.2 Verksamheten

Solpanelerna monteras i rader med 4–5 meters mellanrum. Då slutlig layout inte är klar är solpanelernas utformningar inte fastställda. Nederkanten på solpanelerna placeras dock cirka 0,5 meter ovanför marken. I huvudsak solpanelerna de bestå av aluminium, glas, kisel, polymerer, fogmassa av silikon samt koppar [1]. Avståndet mellan panelerna kan anpassas efter lokala topografiska förhållanden eller vid kombination av till exempel odling mellan och under panelerna.

Solcellerna seriekopplas i strängar bestående av cirka 28–31 solpaneler.

Likström omvandlas till växelström i växelriktare som monteras på ställningarna för solpanelerna eller i direkt anslutning till dessa. Från växelriktarna går lågspänningskablar till transformatorer som transformerar upp spänningen från lågspänning (<1 kV) till mellanspänning² (6 kV–36 kV).

En del kablar som inte går att montera på det monteringsystem som håller uppe solcellerna kommer att behöva förläggas i mark. Detta görs i kabelrör som läggs i kabelschakt. Mindre kabelschakt kommer att anläggas mellan växelriktare för att samla upp flertalet växelriktarkablar till transformatorerna. I detta system kommer kabelschakten att bli större och större fram till transformatorer och elnätsanslutningen. Större kabelschakt kommer att förläggas i samband med nya vägar fram till alla transformatorstationer eller i anslutning till befintliga vägar. Se den tekniska beskrivningen för mer information om kabelschakt [1]. Inom våtmarksområden kommer kablar förläggas ovan mark.

² Högspänning definieras som nominell spänning över 1 000 V växelspänning eller 1 500 V likspänning. Begreppet delas vanligen upp i mellanspänning (6–36 kV), högspänning (42–170 kV) samt extra hög spänning (>170 kV).

Transformatorer fördelas jämnt över verksamhetsområdet. Transformatorerna placeras i första hand i anslutning till befintliga vägar och i andra hand på strategiskt valda platser för att minimera behovet av nya vägar. Ytor under transformatorerna kommer att hårdgöras med exempelvis grus eller makadam (om de inte placeras på skruvar) [1].

Verktyg och reservdelar för underhåll av solcellspanelerna kommer att förvaras i en mindre bod inom verksamhetsområdet. I boden antas det kunna förvaras mindre mängder underhållskemikalier. I detaljprojekteringen kommer utformningen av boden utredas.

2.2.1 Kemikaliehantering

Under driftsfasen är det främst transformatorerna som innehåller kemikalier i form av isoleringsvätska som är biologiskt nedbrytbar [1]. Utsläpp av isoleringsvätska behöver ändå undvikas och transformatorerna förses med uppsamlingsfat. Isoleringsvätskor är vanligtvis ej brandfarliga i och med höga flampunkter och medför därmed låga brandrisker i samband med hanteringen.

2.2.2 Säkerhet

I projekteringsskedet kommer det föras dialog med räddningstjänst gällande brandsäkerhetsfrågor [1].

Separering

Inom delområdena kan grupper av solpaneler komma att sektioneras av exempelvis interna vägar samt genom andra faktorer som påverkar placering av solpanelerna. Utöver sådan sektionering kommer det vara ett avstånd på 4–5 meter mellan raderna av solpaneler.

Delområdena kommer instängslas och avståndet till solpaneler från staket kommer vara 5 meter [1].

Det har genomförts en skrivbordsstudie för att ta fram rekommenderade skyddsavstånd mellan solceller och naturvärden, mellan solparken och skog med naturvärdesklassning blev rekommendationen 20–25 meters buffert [1].

Nödstopp och elsäkerhetsskydd

Utrustning förutsätts utformas med elsäkerhetsskydd i form av exempelvis nödbrytare, överspänningsskydd och säkringar, i enlighet med praxis avseende elsäkerhet.

Rensning av vegetation och skötsel

Vid behov kommer sly och liknande att rensas under solparkens livslängd, för att undvika skuggning av solpanelerna och möjliggöra framkomlighet vid exempelvis service [1]. Den löpande skötseln på anläggningen kommer hanteras av lokal personal, antingen av personal direkt anställd av LC Energi AB, eller genom att ett avtal angående underhåll utformas med en lokal aktör eller med fastighetsägaren. Det ska tas fram en skötselplan över hur vegetation ska hanteras.

Sektionering

Delområdena kommer ha viss inbördes sektionering, bland annat från interna vägar men också genom hur delområdena utformas.

Uppsamlingsförutsättningar

Transformatorerna ska förses med uppsamlingsfat [1]. Dessa kan användas för att fånga upp eventuella spill.

Från *PM Hydrologisk utredning Bjernared* framgår att det är möjligt att anlägga täta diken med avstängningsmöjlighet som säkerställer att släckvatten inte leds vidare till något vattendrag [2]. Denna typ av åtgärd är inte möjlig att implementera över hela solparken men lokalt där den största brandrisken förekommer. En avgränsad del kan utformas med tät botten men hela fördröjningsanläggningen måste inte vara tät. Eftersom layout inte fastställts ges övergripande rekommendationer avseende detta i detta skede.

Övervakning och alarmering

Ett varningssystem i form av produktionsövervakning samt brandlarm kommer att installeras, som planeras vara kopplat direkt till en serviceorganisation och/respektive räddningstjänst [1]. Utformning av larmsystem utreds vidare i detaljprojekteringen.

Under driften kommer det finnas en lokal kontaktperson som har i uppgift att kunna släppa in personer vid nödsituationer eller för att hämta ut obehöriga besökare som smitit in i området. Utöver denna person förväntas det inte finnas någon personal på plats förutom vid servicebesök och liknande.

3 Räddningstjänstens insatsförmåga

3.1 Stationer och kapacitet

Närmaste brandstationer är Getinge och Oskarström som är cirka 10 km från verksamhetsområdet. Brandstationer samt uppskattade körtider enligt Google Maps redovisas i Tabell 3-1. Därutöver tillkommer anspänningstid på uppskattningsvis 90 sekunder för de första resurserna samt heltidsstationen, och 5–10 minuter för RIB-stationer.

Tabell 3-1. Närmaste brandstationer och uppskattade körtider från Google Maps.

Station	Uppskattad körtid	Uppskattad anspänningstid ³	Uppskattad insatstid ⁴
Halmstad station (heltidsstation)	25–30 min	90 s	25–30 min
Falkenberg station (heltidsstation)	25–30 min	90 s	25–30 min
Harplinge (RIB)	20–25 min	5–10 min	25–35 min
Getinge (RIB)	20 min	5–10 min	25–30 min
Oskarström (RIB)	20 min	5–10 min	25–30 min
Simlångsdalen (RIB)	30–35 min	5–10 min	35–45 min
Vessigebro (RIB)	20–30 min	5–10 min	25–40 min

3.2 Säkerhetshöjande och insatsstödande åtgärder

Räddningstjänsten kan i regel förväntas betrakta en anläggning/installation där spänningsmatningen inte helt kan brytas som farlig ur ett insatsmässigt arbetsmiljöperspektiv [3]. För att stödja räddningstjänstens möjlighet att genomföra en insats med avseende på risker för personalen kan följande åtgärder tänkas appliceras på solparker [3, 4]:

³ Tiden det tar från att larmet når räddningstjänsten tills första räddningsfordonet lämnar brandstation.

⁴ Den sammantagna tiden för anspänningstid, körtid och angreppstid.

- Hela anläggningen eller så stora delar som möjligt görs helt spänningslös på ett enkelt, snabbt och tydligt sätt utan att inverka negativt på säkerheten i annat avseende.
- Brytare, växelriktare, strömförande kablar och annat som kan behöva användas eller upptäckas vid insats bör vara tydligt utmärkta.
- Tillgång till insatsstöd med relevant information över exempelvis anläggningen och högspänningsdelar, kontaktuppgifter till personal som kan bistå räddningstjänsten.

Därutöver kan följande förslag på åtgärder att vidta vara relevanta och aktuella för solparken [3]:

- Eventuell växelriktare placeras så nära solcellerna som möjligt. Om inte växelriktare placeras nära solcellerna bör en säkerhetsbrytare installeras så nära solcellerna som möjligt.
- Växelriktaren bör kunna frångkopplas för att göra växelströmssidan spänningslös.
- Manöverdon som styr växelriktaren/säkerhetsbrytaren ska vara lättåtkomlig, lättförståelig och tydligt uppmärkt.

Ett insatsstöd kan utgöras av en insatsplan/insatskort, men även enklare instruktioner som delges räddningstjänsten. Vid framtagande av en insatsplan/insatskort kan utformningen lämpligen följa Brandskyddsföreningens rekommendation *Insatsplan 2019*.

3.3 Släckmedel och påföring

I avsnitten nedan beskrivs olika släckmedel som kan komma att användas.

3.3.1 Pulver och koldioxid (handbrandsläckare)

Pulver är en samlingsbeteckning för en mängd olika salter med olika släckkapacitet. Då pulver är extremt finfördelat kan känslig elektronisk utrustning skadas vid påföring. Det går dock att släcka bränder i elektriska apparater utan att personen som släcker riskerar elskador då pulvret inte leder ström. Pulversläckare kan därmed tänkas användas för bränder i solpaneler.

Koldioxid släcker flammor snabbt och renligt eftersom koldioxiden inte lämnar några spår efter sig. Däremot är det mindre effektivt mot glöd. Då koldioxid inte leder elektrisk ström kan det användas i till exempel ställverk. En 6 kg koldioxidsläckare räcker för att släcka en mindre brand i ett ställverk. Koldioxidsläckare kan därmed tänkas vara lämplig vid släckning av brand i växelriktare alternativt en mindre brand i ett transformatorskåp.

På plats kan det behöva finnas handbrandsläckare utplacerade på strategiska platser. Pulversläckare kan lämpligen placeras i anslutning till huvudsakliga tillträdesvägar för delområdena, som räddningstjänst kan ta med till insatsen. Därutöver kan de placeras tillgängligt för eventuell personal på plats. Koldioxidsläckare kan även placeras i anslutning till huvudsakliga tillträdesvägar, alternativt i anslutning till transformatorskåp. Räddningstjänsten behöver vara informerade om var dessa i så fall placeras. Om dessa förvaras inlåsta för att skydda mot externa faktorer och påverkan, behöver räddningstjänsten även ha tillgång till utrymmena.

3.3.2 Vatten

Inom delområdena antas det inte finnas tillgång till någon brandpost. Tillgång till brandvatten är således begränsat till det som finns i en släckbil och eventuell tankbil.

Vid en släckinsats med strålrör antas ett flöde på 300–450 l/min per strålrör. En släckbil antas vidare ha en vattentank med kapacitet på 3–5 m³ medan en tankbil kan ha en tank på uppemot 10 m³. Försörjning av vatten från enbart en släckbil kan därmed räcka till cirka 5–15 minuters påföring vid fullt uttag från ett strålrör, innan ytterligare kapacitet behövs. En tankbil räcker till cirka 20–30 minuters aktiv påföring via ett strålrör.

Att använda vatten från exempelvis vattendragen vid en insats i ett angränsande delområde skulle kräva att det tas med ett släp med pump vid utryckningen, vilket ej förväntas utgöra standardförfarande vid en insats. Huruvida dessa vattendrag har tillräcklig kapacitet har inte utretts. Att använda vatten från vattendragen kommer därmed inte beaktas.

Vatten förväntas överlag ej användas vid elbränder.

3.3.3 Släckskum

Släckskum används i synnerhet vid pölbränder och har visats vara svårt att påföra på just solpaneler, då skummet inte fastnar på de släta ytorna samtidigt som panelerna kan luta [5]. Skum förväntas därmed inte vara aktuellt som släckmedel vid en insats.

4 Släckvatten vid släckinsats

Vid en brand kommer det ofrånkomligen att bildas hälsoskadliga ämnen i rök och sotpartiklar. Vid brandsläckning kommer en del av dessa ämnen att lakas ur brandhärden och till viss del brandgaser så att det hamnar i släckvattnet [6]. Det förorenade släckvattnet riskerar därmed att ge miljökonsekvenser eller hälsoeffekter om det släpps ut i naturen. Miljökonsekvenser kan exempelvis visa sig i form av förorenat dricksvatten, påverkade ekosystem eller gifter som sprids i näringskedjan genom bioackumulering.

Vilka ämnen som sprids med släckvattnet beror på en rad faktorer såsom vad det är som brinner, släckningens varaktighet, temperatur, släckmedlets förmåga att sänka temperaturen och släckmedlets innehåll.

Föroreningar i släckvattnet kan utgöras av naturligt förekommande ämnen eller av naturfrämmande ämnen. Naturliga ämnen orsakar främst skador om de förekommer i så höga halter att de förskjuter den rådande jämvikten i recipienten. Påverkan beror således både på den initiala koncentrationen, recipientens känslighet och recipientens storlek.

4.1 Föroreningar vid brand i solpaneler

Enligt avsnitt 2.2 förväntas solpanelerna bestå av bland annat aluminium, glas, kisel, polymerer, fogmassa av silikon samt koppar. Val av teknik kan påverka vilka övriga material och ämnen som används i solpanelerna. Det medför vissa osäkerheter kring brandgasprodukter som kan bildas vid en brand.

Föroreningar som bildas vid ofullständig förbränning eller släckning av solpaneler har inte studerats i motsvarande omfattning som vid fullständig förbränning. Vid släckning kan alltså större mängder föroreningar potentiellt bildas. Nedan ges en kortfattad

genomgång av potentiella ingående ämnena med avseende på påverkan vid ett brandförlopp (huruvida dessa är relevanta beror till stor del på val av teknik) [5, 7]:

- **Glas** förändras inte nämnvärt även vid höga temperaturer och bedöms inte vara toxiskt relevant.
- **Aluminium** kan vid förbränning bilda aluminiumoxid, vilket dock främst sker vid högre temperaturer än vad som förekommer vid en "vanlig" brand.
- **Koppar** kan bilda kopparoxid som är giftigt för vattenorganismer, främst akvatiska växter och bakterier. Koppar är ett nödvändigt spårämne som behövs i små mängder hos både människor och djur. Allt för höga koncentrationer kan ge upphov till skador, vilka skiljer sig åt mellan organismgrupper och förekomstform samt biotillgänglighet [7]. Till exempel kan markens mikroorganismer påverkas genom att nedbrytningsprocesser störs.
- **Tenn** och **bly** kan båda bilda oxider som är toxiska. Det saknas dock svenska riktvärden avseende metalliskt tenn för ytvatten, grundvatten och sediment [7]. Bly och blyföreningar är bioackumulerbara och kan bland annat ge skador på nervsystemet och högt blodtryck hos människor, hos växter störs bland annat enzymaktiviteten och kväve mineraliseringen [7].
- **Kadmium** kan bilda kadmiumoxid. Både kadmium och kadmiumoxid är giftiga för vattenorganismer. Kadmium är relativt rörligt och tas lätt upp av växter och är toxiskt för växter på flera sätt [7].
- Andra **tungmetaller** kan vara arsenik, molybden, zink, gallium, indium och selen. Tungmetaller har generellt hög toxicitet för människa och levande organismer, effekterna är framför allt lever- och njurskador [7].
- Brand i **plaster** och **polymerer** kan bilda kolmonoxid, koldioxid men även ämnen som väteklorid, vätecyanid och vätefluorid.

Vid en brand kan ämnena spridas med brandrök eller i samband med släckinsats där brandvatten tvättar ur föroreningarna.

De förbränningsprodukter med skadliga egenskaper som ovan beskrivits är ej unika för solpaneler och tillhörande utrustning.

4.2 Allmänt om släckvatten och föroreningar

Utöver de mer specifika ämnena kopplat till brand i solpaneler och tillhörande utrustning, ges nedan några ytterligare exempel på skadliga föreningar som kan förekomma i släckvatten [8]:

- **Vätehalogenider (HX):** Vätehalogenider är ett samlingsbegrepp för fluor (F), brom (Br), jod (I) och klor (Cl) i förening med väte. HX är vid rumstemperatur färglösa gaser som lätt löser sig i vatten. Alla ämnen utom vätefluorid (HF) är starka syror som kan bidra till försurning av mark och vatten. Vätefluorid å sin sida räknas som än mer giftig och exponering av ämnet i dess rena form är förenligt med livsfara. Vätehalogenider bildas främst vid förbränning av plaster, varför detta inte betraktas utgöra något vanligt ämne vid de största bränderna inom anläggningen.
- **Polycykliska aromatiska kolväten (PAH):** PAH bildas vid ofullständig förbränning av organiskt material. Föreningarna är långlivade och cancerframkallande. De största utsläppskällorna är bränder i bostäder, skogsbränder och flisbränder. PAH av större mängd förväntas därmed inte vid bränder inom området.

- **Flyktiga organiska kolväten (VOC):** VOC är ett samlingsbegrepp mängd olika föreningar, däribland bensen, toluen, styren och klorbensen. Exponering av VOC kan ge irritation på andningsorgan, framkalla allergier, cancer eller skador på nervsystemet. VOC bildas i stor omfattning vid framför allt bränder där kolväten innefattas och kan förväntas i stora mängder i samband med skogsbränder och flisbränder. VOC av större mängd förväntas därmed inte vid bränder inom området.
- **Dioxiner:** Vissa dioxiner har visat sig mycket giftiga och kan redan i låga doser ge effekter som cancer, neurologiska störningar och leverskador. Dioxiner är fettlösliga vilket gör att de lagras i fettvävnad hos t.ex. fiskar och ökar i koncentration högre upp i näringskedjan. Dioxiner bildas främst vid förbränning av material innehållande halogener. Vid brand bedöms stora utsläppskällor av dioxin vara bostäder, motorfordon, avfallsupplag och deponier av PVC-plast. Således betraktas inte detta utgöra något vanligt ämne vid bränder inom anläggningen.
- **Syreförbrukande ämnen:** Vissa ämnen kräver syre vid nedbrytning. En hög nedbrytbarhet av ett giftigt ämne är visserligen bra, men med bieffekten att syrebrist kan uppstå på grund av nedbrytningsprocesserna. De syreförbrukande ämnena är oftast ammonium eller olika former av organiska föreningar. Vid brand i träprodukter kan stora mängder NOx förväntas vilket bidrar till försurning. Om boden för verktyg etcetera byggs i trä utgör det en potentiell risk för NOx vid en brand.
- **Kemikalier:** I boden för verktyg antas det kunna förvaras mindre mängder underhållskemikalier. Vid brand i boden kan dessa behållare läcka eller förstöras varpå kemikalierna kan blandas ut i släckvattnet.

Skum och ytspänningssänkande ämnen leder till högre akuttoxisk effekt, högre koncentrationer av PAH:er, flyktiga organiska kolväten och långlivade dioxiner jämfört med släckning med enbart vatten. Långvarig vattenbegjutning kan leda till lägre temperaturer där det sker en mer ofullständig förbränning vilket således kan ge högre produktion av giftiga ämnen [6]. Skum har även visat sig medföra en potentiellt hög miljöpåverkan, särskilt de skum som innehåller PFAS⁵. PFAS är bioackumulerande, svårnedbrytbara och kan ge en rad hälsoeffekter såsom påverkan på fortplantningsförmågan, försämrat svar på vaccin, olika cancerformer, samt påverkan på mitokondrier och kolesterolvärdet i blodet. Användning av skum har enligt tidigare ej bedömts vara aktuellt, se avsnitt 3.3.3.

Risk för förekomst av PFAS i solpanelerna bedöms som låg då det vanligen finns säkrare alternativ [9].

Även om det inte i detalj går att avgöra vilka gifter som kommer bildas vid en brand inom anläggningen är det ett rimligt antagande att släckvattnet kommer innehålla mer eller mindre höga koncentrationer av skadliga ämnen och att strategin bör vara att begränsa utsläppen, särskilt sådana som sker med hög koncentration. Även kemikalier som kan komma att förvaras i boden kan blandas med släckvattnet vid en brand.

4.3 Spridningsvägar för släckvatten

Förorenat släckvatten kan spridas genom ytavrinning, transport i vattendrag, transport i mark eller rörtransport. Transport genom ytavrinning sker då flödet av förorenat släckvatten är större än underlagets infiltrationskapacitet eller om grundvattenytan är så pass hög att inget förorenat släckvatten kan sugas upp av marken. Släckvattnet

⁵ PFAS: Per- och polyfluorerade alkylsubstanter.

kommer då att spridas längs med markens topografi och framför allt påverka närområdet. Släckvatten som rinner ut på marken kan bilda pölar och med tiden tränga ner i markmaterialet, blandas med markvattnet och transporteras med markvattnet.

Om släckvattnet däremot når ett vattendrag kommer gifterna att följa strömmen och spädas ut allt mer. Nära utsläppskällan fås höga koncentrationer med kort exponeringstid medan det längre nedströms blir mindre koncentrationer men med längre exponeringstid. Om släckvattnet först samlas upp och fördelas på en större volym eller om släckvattnet mynnar direkt i recipient har alltså betydelse för den akuta påverkan.

Det har gjorts en avrinningsanalys i Scalgo Live för respektive delområde [2]. Avrinningsanalysen tar hänsyn till infiltration men ej till flödeshastigheter. Avrinning av eventuellt släckvatten bedöms ske via samma rinnvägar och till motsvarande lågpunkter som vid nederbörd, se PM Hydrologi för mer information [2]. Generellt finns ingen större visuell skillnad mellan befintlig situation och det framtida scenariot. Detta beror på att majoriteten avrinning som genereras inom verksamhetsområdet leds vidare till diken och vattendrag eller infiltrerar och endast en mindre andel ansamlas i lågpunkter [2].

I delområde 1 och 2 sker avvattning mot Mostorpsån och Slien. I delområde 3 samt i de merkuperade delarna av 5 och 9 sker avvattning via dike till Slissån.

I delområde 4 är avrinningen i princip obefintlig i områdena där det är hög genomsläpplighet. Där infiltrerar majoriteten av vattnet potentiellt till grundvattenmagasinet (som inte är en grundvattenförekomst). Från åkermark i delområde 4 sker avrinning mot Slissån.

Delområdena 7 och 8 överlappar med grundvattenförekomsten som är en dricksvattenförekomst. Delområdena 5, 6 och 9 angränsar till vattendrag rinner förbi grundvattenförekomsten. Inom delområde 7 och 8 kan det därmed föreligga risk för påverkan på dricksvatten vid ett utsläpp, medan risk för påverkan på dricksvatten vid ett utsläpp från delområde 5, 6 och 9 är svår att bedöma.

Riskerna för att släckvatten eller andra föroreningar når grundvatten samt eventuella följder behandlas översiktligt i denna utredning. Till följd av varierande förhållanden inom delområdena behöver i sådant fall mer detaljerade analyser genomföras.

4.4 Kontaminerad jord

Uppsamling av släckvatten från bränder där släckvattnet kan infiltrera marken är svårt. I de fall där släckvatten spridits och potentiellt infiltrerats i mark inom solparken bedöms möjliga åtgärder att vidta främst handla om att schakta bort jordmassor som är förorenade. Att ta jordprover och analysera dessa efter en släckinsats kan därmed ge indikation på huruvida föroreningar riskerar att spridas vidare och om det är aktuellt att schakta bort jordmassorna.

Denna procedur bedöms främst vara aktuell för delområdena som helt eller delvis överlappar med grundvattenmagasin eller grundvattenförekomsten i syfte att begränsa risk för spridning av föroreningar till grundvattnet. Avseende grundvattenmagasin handlar det om delområdena 3, 4, 5 och 6. För grundvattenförekomsten avser det delområden 7 och 8.

5 Bedömning av brandscenarier och släckvatten

5.1 Dimensionerande brandscenarier

Tre huvudsakliga orsaker till brand i solparker är fel i systemdesign, felaktig produkt samt dålig installation [10]. Andra orsaker till bränder kan härstamma från externa faktorer som extrem hetta/sol, fukt eller översvämning samt skada från skräp, djur eller andra naturliga omgivningsfaktorer [11].

Statistik visar på att ett flertal bränder i solcellsanläggningar har startat i eller i anslutning till växelriktaren eller i kablage [4]. Det förutsätts att projektering och installation etcetera följer applicerbara elsäkerhetsstandarder så att det säkerställs att korrekt utrustning används och att denna installeras på rätt sätt.

Följande brandscenarier analyseras vidare med avseende på släckinsats och släckvatten:

- Brand i solpanel
- Brand i transformatorskåp
- Brand i bod för verktyg
- Brand i gräs/vegetation

I följande delavsnitt analyseras de fyra dimensionerande brandscenarierna.

5.1.1 Brand i solpanel

Ett elfel eller dylikt kan leda till brand i en växelriktare som sprids till en solpanel. Att en brand uppstår i själva solpanelen är osannolikt. Spridning kan ske mellan solpaneler, men mängden brännbart material i själva panelerna bedöms som liten varpå branden utvecklas långsamt. Huruvida avståndet mellan raderna av solpanelerna på 4–5 meter förhindrar brandspridning mellan rader har inte analyserats.

Vid en insats är det viktigt att först säkerställa att anläggningen görs strömlös. Solpaneler kan fortsätta generera likström även efter anläggningen stängts av, därmed är det lämpligt att pulver används som släckmedel. Används enbart pulver genereras inga släckvattenmängder som behöver omhändertas. Ingen kylning av närliggande utrustning antas ske då solpanelerna kommer vara strömförande.

Om vegetation under eller i anslutning till solpaneler behöver släckas och vatten kan påföras på säkert sätt, bör föroreningsgraden vara så låg att vattnet ej behöver omhändertas.

5.1.2 Brand i transformatorskåp

Ett elfel eller dylikt kan leda till brand i ett transformatorskåp. Risk för brandspridning till solpaneler bedöms som låg.

Räddningstjänst antas initialt ankomma med en släckbil. Med drygt 20 minuters körväg från närmaste station kan personal vara på plats omkring 25 minuter efter att detektions- och larmsystem i transformatorskåpet aktiverats. Släckning kan därefter påbörjas efter att spänningsmatningen brutits. Om enbart koldioxidsläckare används genereras inget släckvatten att omhänderta. Vid släckning med vatten bedöms detta genomföras med ett strålrör med 30 minuters aktiv påföring med full kapacitet under insatsen, vilket genererar omkring 9–14 m³ släckvatten. Kylning av solpaneler bedöms

ej vara troligt till följd av att de genererar likström samt risken för räddningstjänstens personal.

Givet antagandena om vattenförbrukning (300–450 l/min från ett strålrör) och kapaciteten i en släckbil (3–5 m³) i avsnitt 3.3.2 kommer det behövas tillgång till ytterligare vatten efter drygt 5–15 minuters aktiv påföring. Det uppskattas behövas en släckbil samt en tankbil för att tillgodose det totala vattenbehovet.

Vid släckning av brand i transformatorskåp antas det ske avrinning mot närliggande vägar, diken och eventuella lågpunkter med viss infiltration i mark.

Uppsamlingsfaten som transformatorskåpen ska förses med, bedöms främst kunna användas till att omhänderta spill, ej släckvatten. Om transformatorskåpen utförs med invallningskapacitet kan viss mängd släckvatten omhändertas. Denna möjlighet behöver i så fall utredas i detaljprojekteringen så att potentiella uppsamlingsmängder kan bedömas.

5.1.3 Brand i bod för verktyg

Scenariot utgår från att det uppstår en brand i boden där det kan förvaras verktyg och eventuellt mindre mängder underhållskemikalier. Orsaken till denna brand kan exempelvis vara ett elfel. Förvaring av verktyg och reservdelar etcetera förväntas innebära att mängden brännbart material är låg och att risken för uppkomst av brand också är låg. Bodan kan vara av brännbart material, vilket kan bidra till brandförloppet. Eventuell kemikalieförvaring i boden har inte bedömts bidra signifikant till brandförloppet.

För detta scenario antas att det brandlarm för verksamheten som enligt avsnitt 2.2.2 planeras vara kopplat direkt till en serviceorganisation och räddningstjänst även kommer omfatta boden.

Med drygt 20 minuters körväg från närmaste station kan personal vara på plats omkring 25 minuter efter aktiverat larm. Räddningstjänst antas initialt ankomma med en släckbil. Vid släckning bedöms det genomföras med ett strålrör med 15–30 minuters aktiv påföring med full kapacitet under insatsen, vilket genererar omkring 5–14 m³ släckvatten.

Givet antagandena om vattenförbrukning (300–450 l/min från ett strålrör) och kapaciteten i en släckbil (3–5 m³) i avsnitt 3.3.2 kommer det eventuellt behövas tillgång till ytterligare vatten efter drygt 5–15 minuters aktiv påföring. Två släckbilar kan ha tillräcklig kapacitet givet att insatsen är av mindre karaktär och kräver släckning motsvarande det nedre intervallet, annars behövs troligen en tankbil också. Det skulle alltså behövas åtminstone två släckbilar, eller en till två släckbilar samt en tankbil för att tillgodose det totala vattenbehovet.

Avståndet från arbetsbod till solpaneler, transformatorskåp och annan utrustning förväntas vara anpassade för att minimera risk för brandspridning. Kylning av omkringliggande utrustning antas ej ske.

Vid invändig släckning antas ansamling av släckvatten först ske inne i boden för att sedan rinna ut på närliggande markytor. Därefter antas det ske avrinning mot lågpunkter samt infiltration i mark. Vid utvändig släckning antas det primärt ske avrinning mot lågpunkter och infiltration i mark, med viss ansamling i boden.

5.1.4 Brand i skog/vegetation/åkermark

Utanför verksamhetsområdet finns skog, vegetation och åkermark som inte kontrolleras av Bolaget. Vanliga orsaker till bränder i skog och vegetation är felaktig eller vårdslös hantering i samband med röjning, eldning (grillning) eller genom blixtnedslag. En brand på åkermark kan exempelvis uppstå i samband med arbete med fordon. Spridning av branden beror därefter bland annat på meteorologiska förhållanden som vindstyrka, vindriktning och eventuell nederbörd.

Med 5 meter mellan solpaneler och stängslet fås en viss avskärmade effekt från omgivningen. Därutöver kommer solparken anpassas så att det är 20–25 meters buffert mellan solparken och skog, se avsnitt 2.2.2. Detta ger ytterligare buffert mot externa bränder.

Risk avseende extern brand i skog, vegetation eller åkermark som sprids till solpaneler bedöms som låg, men en brand kan ändå spridas bland vegetation över stora avstånd från exempelvis glödande partiklar. I sådant fall kan brandspridning bromsas av att vegetationen inom verksamhetsområdet hålls nere. Vid externa bränder är det troligt att räddningstjänst redan larmats innan spridning sker till verksamhetsområdet.

Kring solpanelerna kommer sly och liknande att rensas vid behov, se avsnitt 2.2.2. Gräs och vegetation kan därmed förväntas vara i ett reducerat tillstånd. Detta minskar sannolikheten för att en antändningskälla utvecklas till en brand och kan även minska risk för spridning under förhållanden med lite vind. Under torra perioder med höga temperaturer kan dock en brand spridas även bland kortare vegetation. Spridningshastigheten och intensiteten hos bränder i rensad vegetation bör vara avsevärt lägre jämfört med ej rensad sly. En så kallad *Låg löpbrand* bedöms motsvara den typ av skogsbrand som detta ger upphov till. Låg löpbrand är en av de vanligaste förekommande skogsbrandstyperna och innefattar brand i markvegetation, död vegetation och låga buskar [12]. Dessa bränder kan spridas med hastigheter på omkring 0–10 meter/minut upp till 15–30 meter/minut i fall där gräs dominerar [12].

Under drift kan det i samband med hantering av sly förekomma tändkällor från exempelvis felande maskiner eller handverktyg. Dessa typer av arbeten behöver anpassas efter rådande brandrisk.

Vid släckning av gräs- eller vegetationsbrand kan handbrandsläckare användas i tidigt skede för att undvika vattenpåföring om branden är i anslutning till elektrisk utrustning. I sådant fall uppkommer inga släckvattenmängder att omhänderta. Om vatten bedöms kunna påföras utan risk för personal bedöms släckvatten från en insats inte utgöra en sådan föroreningsrisk att släckvattnet behöver samlas upp och omhändertas. Vid bekämpning av det yttre brinnande området hos en skogsbrand kan vattenåtgången uppskattas till 3–5 liter/m², varav det påförda vattnet även avdunstar med tiden [12]. Mängden släckvatten som genereras och ej avdunstar bedöms ej vara signifikant.

Efter en gräsbrand då vegetationen brunnit upp kan jorden bli hydrofobisk och få en försämrad absorptionsförmåga, varpå infiltration kan ske i mindre omfattning medan ytavrinningen ökar.

6 Slutsats och resonemang avseende åtgärder

6.1 Slutsats

Solparken Bjernareds placering är på sådant avstånd från närmaste brandstation (heltid såväl som deltid) att det innebär längre insatstider. Det kan därmed dröja innan räddningstjänst är på plats och kan genomföra en insats.

Risk för uppkomst av brand förväntas vara låg till följd av den planerade hanteringen av vegetation (se avsnitt 2.2.2) samt att utrustning som används förväntas uppfylla applicerbara elsäkerhetskrav. Nedgrävda kablar (lågspänning) i kabelschakt mellan växelriktare och transformator bedöms minska risk för brand inom verksamheten, jämfört med kablar som går ovan mark.

Påföring av vatten bedöms inte vara aktuell strategi vid brand i solpaneler. För dimensionerande brandscenarier där påföring av vatten bedömts som aktuellt är bedömda släckvattenmängder i storleksordningen 5–14 m³, utan hänsyn till att en del av påfört vatten förångas. Detta tar ej hänsyn till scenarier där brand sprids okontrollerat till mycket stora delar av solparken eller efterföljande eftersläckningsarbete, då dessa ej klassificeras som dimensionerande. Användning av pulver eller koldioxid som släckmedel har inte antagits generera släckvattenmängder.

Det är främst delområde 4 som har en hög genomsläpplighet, vilket i kombination med en flackare yta gör att det här förväntas kunna ske infiltration snarare än avrinning.

Givet att områden där genomsläppligheten är medelhög även har den brantaste marklutningen, bedöms risken för infiltration av föroreningar och påverkan på grundvatten i kombination med de uppskattade släckvattenmängderna vara låg i dessa delar. I de delarna är istället avrinning mot vattendrag mer troligt. Områden med låg genomsläpplighet är generellt även relativt flacka, vilket varken medför särskild risk för infiltration eller avrinning.

Släckning av vegetations- och gräsbränder kan försvåras av solpanelerna, men bedöms inte generera förorenat släckvatten i stora mängder.

Släckvattenutredningen avgränsas till solpaneler med tillhörande utrustning som växelriktare och transformatorer, samt boden för verktyg och underhållskemikalier. Bedömning av energilagringssystem görs inte, då det kommer hanteras i samband med bygglovsansökan.

6.2 Åtgärdsförslag

6.2.1 Säkerhetsfunktioner för nedstängning

Åtgärderna i punktlistan nedan handlar om att det ska vara möjligt för räddningstjänst eller annan kunnig personal att kunna stänga av/säkra anläggningen i samband med en insats [3, 4]:

- Anläggningen eller så stora delar som möjligt görs helt spänningslös på ett enkelt, snabbt och tydligt sätt utan att inverka negativt på säkerheten i annat avseende.
- Brytare, växelriktare, strömförande kablar och annat som kan behöva användas eller upptäckas vid insats bör vara tydligt utmärkta.
- Växelriktaren bör kunna fränkopplas för att göra växelströmssidan spänningslös.

- Manöverdon som styr växelriktaren/säkerhetsbrytaren ska vara lättåtkomlig, lättförståelig och tydligt uppmärkt.

Notera att dessa *åtgärdsförslag* i punktlistan ovan som avser elsäkerhet och teknisk utrustning behöver utredas i detaljprojekteringen.

6.2.2 Invallning/upsamling och begränsning av flöden

Eftersom det inte förväntas påföras vatten på solpanelerna vid en brand föreligger inte behov av invallningar runt ytor med solpaneler. Då mark som solpanelerna ska anläggas på kommer ha vegetation utreds inte möjligheter att anordna fysiska barriärer och/eller hårdgjorda ytor för att leda och valla in eventuellt släckvatten.

Uppsamlingsfaten som transformatorskåpen ska förse med, bedöms främst kunna användas till att omhänderta spill, ej släckvatten. Invallning av transformatorskåp kan bidra till att samla upp isoleringsvätska samt släckvatten. Exempelvis kan transformatorerna placeras på betongplattor. Det rekommenderas att möjligheter att utforma dessa med invallning utreds vidare i detaljprojekteringen.

Att utföra boden för verktyg och underhållskemikalier med invallning kan handla om att säkerställa att trösklar höjs så att vatten kan ansamlas i boden.

Diken med avstängningsmöjlighet, se avsnitt 2.2.2, bedöms i detta skede vara aktuella att utreda i samband med detaljprojektering för delområden som angränsar till vattendrag. Huruvida det därefter bedöms vara en rimlig åtgärd att införa kan bero på var inom respektive delområde som utrustningen väljs att placeras.

6.2.3 Placering av utrustning inom delområden

Delområdena angränsar till vattendrag (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 och 9 i Figur 2-1) kan placering av transformatorskåp samt boden med tillräckliga avstånd från vattendragen minska risken för att släckvatten samt isoleringsvätska sprids till dessa. Därutöver kan placering av dessa på ytor som ej har hög genomsläpplighet minska risken för att eventuella utsläpp infiltreras och påverkar grundvatten. Det rekommenderas att detta tas vidare i detaljprojekteringen och beaktas vid utformningen av delområdena, samt i kombination med åtgärd avseende invallning/upsamling beskriven i avsnitt 6.2.2.

6.2.4 Tillgång till släckmedel

Att införa en åtgärd som säkerställer tillgång till vatten för släckinsats skulle kunna innefatta att bygga en damm eller installera vattentankar. Denna åtgärd bedöms ej vara proportionell mot de bedömda brandriskerna inom solparken.

Att placera ut större pulversläckare (exempelvis 6 kg) på strategiska platser inom verksamhetsområdet kan möjliggöra en tidig släckinsats och förhindra uppkomst av omfattande bränder. För brand i transformatorskåp kan koldioxidsläckare (exempelvis 5 kg) vara lämpliga. De kan exempelvis placeras i containrar intill lämpliga infarter eller i boden inom verksamhetsområdet. Placering och information om dessa bör i så fall delges räddningstjänsten.

6.2.5 Utformning av området och tillträde för räddningstjänst

Möjlighet till åtminstone två tillträdesvägar bör utredas i detaljprojekteringen, så att ogynnsamma väderförhållanden inte behöver medföra att brandrök förhindrar tillträde för att genomföra en insats. Vidare behöver vägarna dimensioneras för räddningstjänstens fordon, med avseende på vägbredd samt bärighet för exempelvis tankbil.

6.2.6 Organisation

Det rekommenderas att det tas fram stöd till räddningstjänsten för att genomföra en insats. Det kan handla om enklare instruktioner, insatskort etcetera som redovisar information om högspänningsdelar, brandtekniska installationer samt annan relevant information för räddningstjänsten (exempelvis tillträde till området). Framtagande och utformning av dessa instruktioner bör involvera dialog med räddningstjänsten. Vidare behöver det finnas aktuella kontaktuppgifter till kontaktpersoner som kan bistå vid en insats. Detta kan till exempel innefatta lokal kontaktperson, verksamhetsansvarig samt installatörer.

Att hålla vegetationen kort bör särskilt beaktas inför torra och heta perioder. Det kan innefatta att följa väderprognoser och klippa ner vegetation innan risken för gräsbrand ökar. Detta bör analyseras vidare och bedömas i samband med att skötselplanen tas fram.

Referenser

- [1] LC Energi AB, "Teknisk beskrivning Bjernared solpark," 2024-09-03.
- [2] AFRY, "PM Hydrologi Bjernared_20240319," 2024.
- [3] Storstockholms brandförsvär, "Solcellsanläggningar och batterilagersystem - Vägledning vid utformning och installation av solcellsanläggningar och batterilagersystem (VL2019-12)," 2022.
- [4] Räddningstjänsten Halmstad, "PM23:1 Solcellsanläggningar (rev 2023-03-13)," 2019.
- [5] Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, "Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization," 2018.
- [6] N. Wennström och A. Kärman, "Studie av brandsläckningsmedel ur ett miljöperspektiv," MTM Forskningscentrum, Örebro universitet, Örebro, 2016.
- [7] Svenska Geotekniska föreningen (SGF), "Föreningar - Metaller," 04 01 2022. [Online]. Available: <https://www.fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/metaller>.
- [8] I. Larsson och A. Lönnermark, "Utsläpp från bränder - Analyser av brandgaser och släckvatten," SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås, 2002.
- [9] A. Anctil, "Facts about solar panels: PFAS contamination," *Clean Energy in Michigan*, nr 12, 2020.
- [10] BRE National Solar Centre, "Fire and Solar PV Systems – Investigations and Evidence (P100874-1004 Issue 2.9)," Cornwall, 2018.
- [11] Firetrace International, "How Often Do Solar Farm Fires Occur?," 20 10 2022. [Online]. Available: <https://www.firetrace.com/fire-protection-blog/how-often-do-solar-farm-fires-occur>.
- [12] MSB, "Vägledning i skogsbrandsläckning (3:e utgåvan)," 2022.