Foto: TORP Sandefjord lufthavn

Rapport

Støykartlegging TORP Sandefjord lufthavn

Støysoner etter T-1442/2021

Forfatter:
Rolf Tore Randeberg

Rapportnummer:
2024:01254 - Åpen

Oppdragsgiver:
TORP Sandefjord lufthavn AS

SINTEF Digital
Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim

Sentralbord: 40005100

info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919303808 MVA

Rapport

Støykartlegging TORP Sandefjord lufthavn

Støysoner etter T-1442/2021

EMNEORD
Flystøy; beregninger; akustikk

VERSJON
1.0

DATO
2024-11-01

FORFATTER(E)
Rolf Tore Randeberg

OPPDRAGSGIVER(E)
TORP Sandefjord lufthavn AS

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE
Gisle Skansen

PROSJEKTNUMMER
102032426

ANTALL SIDER
46

SAMMENDRAG
Det er utarbeidet flystøysonekart for TORP Sandefjord lufthavn etter Miljøverndepartementets retningslinje T-1442/2021 og Forurensningsforskriften basert på registrert trafikk i 2023 og for en prognose for 2035. Beregning av støy er utført med NORTIM versjon 4.7 som tar hensyn til topografi ved beregning av lydutbredelse. Beregningsgrunnlaget er i stor grad videreført fra SINTEF-rapport 2018:00455 (ISBN: 978-82-14-06649-4).

UTARBEIDET AV
Rolf Tore Randeberg

SIGNATUR

KONTROLLERT AV
Leo Heggem Hauge

SIGNATUR

GODKJENT AV
Stian Husevik Stavland

SIGNATUR

RAPPORT NR. 2024:01254

ISBN 978-82-14-07116-0

GRADERING Åpen

GRADERING DENNE SIDE Åpen

COMPANY WITH MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001

Dokumentet har gjennomgått SINTEFs godkjenningsprosedyre og er sikret digitalt

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1	2024-11-01	Første utgave av rapport

Innholdsfortegnelse

1 INNLEDNING 5

2 GENERELT OM FLYSTØY 6

2.1 Akustiske størrelser 6

2.2 Flystøyens egenskaper og virkninger 6

2.2.1 Søvnforstyrrelse som følge av flystøy 6

2.2.2 Generell plage av flystøy 7

3 MILJØVERNDEPARTEMENTETS RETNINGSLINJE 9

3.1 Måleenheter 9

3.2 Støysoner til arealplanlegging 9

3.2.1 Definisjon av støysoner 9

3.2.2 Utarbeidelse av støysonekart og implementering i kommunale planer 9

3.2.3 Kartlegging av stille områder 10

3.3 Beregningsmetode 10

3.3.1 Dimensjonering av trafikkgrunnlaget 10

3.3.2 Beregningsprogrammet NORTIM 10

4 KARTLEGGING I HENHOLD TIL FORSKRIFT TIL FORURENSNINGSLOVEN 12

4.1 Innendørs støy 12

4.1.1 Beregning med normtall for fasadedempning 12

4.2 Strategisk støykartlegging 12

5 OMGIVELSER 13

5.1 Digitalt kartgrunnlag 13

6 FLYAKTIVITETEN VED TORP SANDEFJORD LUFTHAVN 15

6.1 Trafikk ifølge tårnjournalen 15

6.2 Prognose for 2035 17

7 FLYGEPROSEDYRER 19

7.1 GA – småfly 20

7.2 H – Helikopter 22

7.3 Jet og Turbo – Moderne rutefly med jetmotorer og turbopropmaskiner 24

7.4 Landingsrunder 26

7.5 Motorkjøring 27

8 BEREGNINGSPARAMETRE 28

8.1 Beregningsenheter 28

8.2 Beregning i enkeltpunkt 28

8.3 NORTIM beregningskontroll 28

9 RESULTATER RELATERT TIL RETNINGSLINJE T-1442/2021 29
9.1 Støysonekart 29
9.2 Kartlegging av stille soner 31

10 RESULTATER RELATERT TIL FORURENSNINGSFORSKRIFTEN 33
10.1 Kartlegging av innendørs støynivå 33
10.2 Kartlegging av utendørs støynivå 36

11 REFERANSER 45

1 INNLEDNING

TORP Sandefjord lufthavn AS har gitt SINTEF i oppdrag å foreta en støyberegning for lufthavnen for dagens trafikk og for en ti års prognose. Den forrige kartleggingen av støyen ble utført av SINTEF i 2018[1], og deler av grunnlaget fra denne er gjenbrukt her.

Grunnlaget for beregningene er loggført trafikk for 2023. Utover den registrerte trafikken er det lagt til daglig landing mellom 00:00 og 00:30.

Prosjektansvarlig og kontaktperson hos TORP Sandefjord lufthavn har vært Gisle Skansen. Prosjektet er utført ved SINTEF Digital med Rolf Tore Randeberg som prosjektleder. Prosjektansvarlig i SINTEF Digital har vært Stian Husevik Stavland.

Beregningene er gjennomført med beregningsprogrammet NORTIM, versjon 4.7.

Denne rapporten har et standard format med gjennomgang av grunnlagsmateriale for regelverket i Norge, presentasjon av beregningsprogrammet, beskrivelse av datagrunnlaget og til slutt resultatene fra beregningene.

[1] SINTEF Rapport 2018:00455, datert 2018-04-25

2 GENERELT OM FLYSTØY

Hensikten med dette kapitlet er å gi en forenklet innføring om hvordan flystøy virker på mennesker. Framstillingen baserer seg på anerkjent viten fra det internasjonale forskningsmiljøet. Relevante måleenheter presenteres først.

2.1 Akustiske størrelser

A-vekting A-vekting benyttes som en parameter for å ta høyde for lydspekteret som det menneskelig øret kan oppfatte.

L_{ASmaks} Det A-veide maksimumsnivået for en støyhendelse (f.eks. en landing) målt med tidskonstant "slow", 1 sek. I flystøysammenheng benyttes ofte den forenklete skrivemåten L_{maks} eller L_{max}, idet A-veiing og 1 sek integrasjonstid er underforstått.

L_{pA} Momentant A-veid lydtrykknivå

L_{den} Tidsveid ekvivalentnivå med 5 dB tillegg for kveld (19–23) og 10 dB tillegg for natt (23–07). Størrelsen skal normalt beregnes som et gjennomsnitt for hele året. Dette er hovedindeksen i det norske støyregelverket, og indeksen som anbefales av EU for å beskrive vanlig samfunnsstøy. I løpende tekst benyttes også skrivemåten DENL.

L_{dn} Tidsveid ekvivalentnivå med 10 dB tillegg for natt (22–07). Brukes internasjonalt på samme måte som DENL. I løpende tekst benyttes også skrivemåten DNL.

L_{Aeq} A-veid ekvivalentnivå. Korrekt skrivemåte i henhold til ISO er L_{pAT}, der T angir midlingstiden, f.eks. døgn. I løpende tekst benyttes ofte L_{AEQ} eller bare LEQ. Andre brukte varianter av denne er L_{day}, $L_{evening}$, L_{night} eller tilsvarende norske døgnbenevnelser, der disse er definert gjennom periodene for L_{den}.

MFN_T Statistisk representativt maksimum flystøynivå for en døgnperiode T. Denne benyttes for nattperioden (23-07). Krav til hyppighet er at maksimumsnivået må opptre minimum tre ganger per uke.

2.2 Flystøyens egenskaper og virkninger

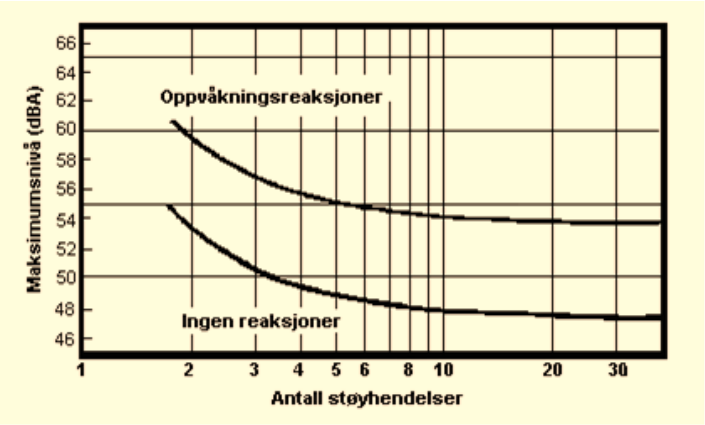
Flystøy har en del spesielle egenskaper som gjør den forskjellig fra andre typer trafikkstøy. Varigheten av en enkelt støyhendelse er forholdsvis lang, nivåvariasjonene fra gang til gang er gjerne store og støynivåene kan være kraftige. Det kan også være lange perioder med opphold mellom støyhendelsene. Flystøyens frekvensinnhold er slik at de største bidrag ligger i ørets mest følsomme område og det er lett å skille denne lyden ut fra annen bakgrunnsstøy; så lett at man ofte hører flystøy selv om selve støynivået ikke beveger seg over nivået på bakgrunnsstøyen. Flystøy har også et betydelig innslag av lavfrekvente komponenter som gjør at den lett trenger inn i bygninger.

De to viktigste typer ulemper forbundet med flystøy er forstyrrelse av søvn eller hvile og generell irritasjon eller plage. Det er viktig å merke seg at fare for hørselsskader med få unntak begrenser seg til de personer som jobber nær flyene på bakken.

2.2.1 Søvnforstyrrelse som følge av flystøy

Det har vært bred internasjonal enighet om at ***vekking*** som følge av flystøy kan medføre en risiko for helsevirkninger på lang sikt, se litteraturlisten ref. [1], [2]. Det er ***ikke*** samme enighet på hvorvidt ***endring av søvnstadium*** (søvndybde) har noen negativ effekt alene, dersom dette ikke medfører vekking.

Risiko for vekking er avhengig av hvor høyt støynivå en utsettes for (maksimumsnivå) og hvor mange støyhendelser en utsettes for i løpet av natten. Det er normalt store individuelle variasjoner på når folk reagerer på støyen. Derfor brukes oftest en gitt sannsynlighet for at en andel av befolkningen vekkes for å illustrere hvilke støynivå og antall hendelser som kan medføre vekking, som illustrert i Figur 2-1.



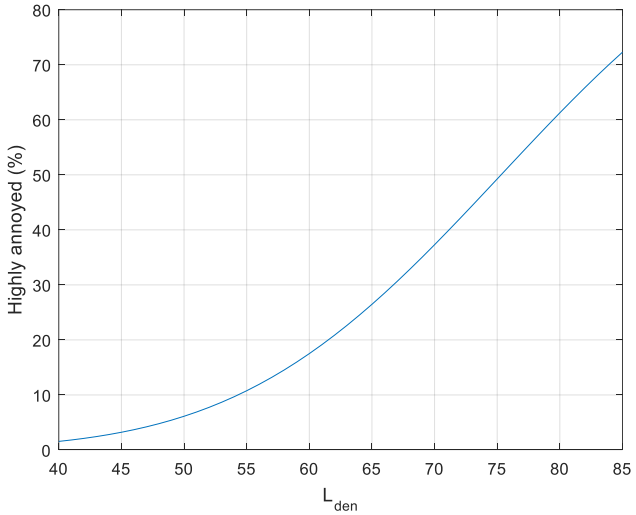
Figur 2-1. 10 % sannsynlighet for vekking resp. søvnstadiumsendring. Sammenheng mellom maksimum innendørs støynivå og antall hendelser [1].

Figuren viser at man tåler høyere støynivå uten å vekkes dersom støynivået opptrer sjelden. Når det blir mer enn ca. 15 støyhendelser i søvnperioden er ikke antallet så kritisk lenger. Da er det 10 % sjanse for vekking dersom nivåene overstiger 53 dBA i soverommet.

2.2.2 Generell plage av flystøy

Generell støyplage kan betraktes som en sammenfatning av de ***ulemper*** som en opplever at flystøyen medfører i den perioden man er våken. De mest vanlige beskrivelser er knyttet til ***stress og irritasjon***, samt ***forstyrrelser ved samtale og lytting*** til TV/radio og musikk. Kartlegging av folks reaksjoner gjøres normalt gjennom spørreundersøkelser og man søker å finne resultater som er representative for gjennomsnittet av befolkningsgrupper. Slike undersøkelser har vært gjennomført i stor skala både internasjonalt og i Norge.

Sammenfatning av slike undersøkelser er også foretatt flere ganger og den mest omfattende og den som oftest refereres til er publisert av Miedema og Oudshorn [2]. Den vanligste parameteren som man rapporterer er hvor stor andel av befolkningen som sier seg svært plaget (highly annoyed) som funksjon av ekvivalent støynivå. Både L_{den} og L_{dn} er slike nivåstørrelser hvor det i tillegg gjøres en vekting av når på døgnet støyhendelsen forekommer. Figur 2-2 viser andel sterkt plaget som funksjon av L_{den} slik den er sammenfattet i [2].



Figur 2-2. Middelkurve for prosentvis antall personer sterkt plaget av flystøy som funksjon av ekvivalent støynivå utendørs [2].

Undersøkelsene rundt 1990 i Norge [3], [4] ble foretatt rundt Fornebu, Bodø og Værnes og inngår som en del av bakgrunnsmaterialet i undersøkelsen til Miedema og Oudshorn. Resultatene herfra skiller seg ikke vesentlig ut fra middelkurven.

Senere undersøkelser i Norge [5] viser at for fire av fem undersøkte flyplasser så er reaksjonene lavere enn kurven i Figur 2-2, mens én av de fem viser sterkere reaksjoner. De fire med lavere respons er Bodø, Sola, Tromsø og Værnes, mens reaksjonene rundt Gardermoen skiller seg ut i motsatt retning. Årsaken til høyere respons her er antatt å være todelt; dels et vedvarende konfliktnivå mellom flyplass og naboer rundt Gardermoen, dels at tettere trafikk medfører færre stille perioder hvor man får tatt seg inn igjen.

3 MILJØVERNDEPARTEMENTETS RETNINGSLINJE

Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442) ble fastsatt av Klima- og miljødepartementet i januar 2005. Retningslinjen ble revidert i 2012 og sist oppdatert i 2021 [6]. Før 2005 var retningslinjen basert på måleenheter utviklet i Norge i starten av 1980-tallet. T-1442 må kunne sies å representere en tilpasning til EU sitt direktiv fra 2001 siden den legger L_{den} til grunn for beregning av ekvivalentnivå. Den har likevel definert et statistisk representativt maksimumsnivå som er ment benyttet for vurdering av støy på natt. For flystøy er denne betegnet L_{5AS}.

3.1 Måleenheter

L_{den} er det mål som EU har innført som en felles måleenhet for ekvivalentnivå. Måleenheten legger forskjellig vekt på en støyhendelse i forhold til når på døgnet hendelsen forekommer. På kveld legges det til 5 dB til den reelle støyen og på natt adderes 10 dB. Et tillegg på 5 dB på ekvivalentnivået tilsvarer at ett fly på kveld teller som drøyt tre på dagtid, mens ett fly på natt teller som ti på dag. T-1442/2021 følger den internasjonalt mest vanlige inndelingen av døgnet ved at dagtid er definert fra kl. 07 til 19, kveld er mellom kl. 19 og 23, mens natta strekker seg fra kl. 23 til 07.

Maksimumsnivået L_{5AS} er i [6] definert som det lydnivå "som overskrides av 5 % av hendelsene i løpet av en nærmere angitt periode, dvs. et statistisk maksimalnivå i forhold til antall hendelser". Denne enheten kommer bare til anvendelse for hendelser som forekommer på natt mellom 23 og 07, og var ment å skulle erstatte måleenheten MFN på natt. L_{5AS} vil imidlertid ikke identifisere de nivå som kan skape problem for søvnforstyrrelse relatert til Figur 2-1. Antallet "hendelser" vil kunne variere fra flyplass til flyplass og fra område til område ved en og samme flyplass. Når dimensjonerende nivå defineres til å være en prosentsats, vil man derfor ikke uten videre vite hvor mange hendelser dette representerer.

Retningslinje T-1442/2021 gir ikke en god nok definisjon av begrepet "hendelse". Det er ikke gitt hvor mye støy som skal til for at man skal inkludere noe som en hendelse. I den kildespesifikke veilederen til T-1442/2021; M-128 [7], er det derfor angitt at L_{5AS} beregnes som $MFN_{23–07}$ for flystøy.

3.2 Støysoner til arealplanlegging

T-1442/2021 definerer to støysoner, gul og rød sone, til bruk i arealplanlegging. I tillegg benyttes betegnelsen *hvit sone* om området utenfor støysonene. Kommunene anbefales også å etablere *grønne soner* på sine kart for å markere *stille områder som etter kommunens vurdering er viktige for natur- og friluftsinteresser*. Hvit og grønn sone skal med andre ord ikke betraktes som støysoner.

3.2.1 Definisjon av støysoner

Støysonene ble definert slik at det i ytterkant av gul sone kan forventes at inntil 10 % av en gjennomsnitts befolkning vil føle seg svært plaget av støyen. Det betyr at det vil være folk som er plaget av støy også utenfor støysonene.

De to støysonene er i retningslinjen definert som vist i Tabell 3-1. Det fremgår at hver sone defineres med to kriterier. Hvis ett av kriteriene er oppfylt på et sted, så faller stedet innenfor den aktuelle sonen – det er med andre ord et "eller" mellom kolonnene.

Tabell 3-1. Kriterier for soneinndeling. Ytre grense i dB, frittfeltsverdier.

Støykilde	Støysone			
	Gul sone		Rød sone	
	Utendørs støynivå	Utendørs støynivå i nattperioden kl. 23 – 07	Utendørs støynivå	Utendørs støynivå i nattperioden kl. 23 – 07
Flyplass	L_{den} > 52 dB	L_{5AS} > 80 dB	L_{den} > 62 dB	L_{5AS} > 90 dB

3.2.2 Utarbeidelse av støysonekart og implementering i kommunale planer

Ansvar for utarbeidelse av kart som viser støysonene legges til tiltakshaver ved nye anlegg, mens anleggseier eller driver har ansvar for eksisterende anlegg. De ansvarlige oversender kartene til kommunen og har også et ansvar for å

oppdatere kartene dersom det skjer vesentlige endringer i støysituasjonen. Normalt skal kartene vurderes hvert 4.–5. år.

For flyplasser skal det utarbeides støysonekart for dagens situasjon og en prognose 10–20 år fram i tid. Kartet som oversendes kommunen skal settes sammen som en verste situasjon av de to beregningsalternativene.

Kommunene er ansvarlig for å inkludere og synliggjøre støysonekartene i sine arealplaner. Retningslinjen har flere forslag til hvordan dette kan gjøres. For varige støykilder er det foreslått å legge sonene inn på selve kommuneplankartet som støybetinget restriksjonsområde. Det anbefales at kommunene tar inn bestemmelser tilknyttet arealutnyttelse innenfor støysonene og at det skal stilles krav til reguleringsplan for all utbygging av støyømfintlig bebyggelse innenfor rød og gul sone.

Følgende regler for arealutnyttelse er angitt i retningslinjen:

- **rød sone** er i utgangspunktet ikke er egnet til støyfølsomme bruksformål.
- **gul sone** er en vurderingssone, hvor det må planlegges godt for å oppnå tilfredsstillende støyforhold.

3.2.3 Kartlegging av stille områder

Kartlegging av stille områder er omtalt i et eget kapittel i retningslinjen. Kommunene anbefales å synliggjøre avgrensede områder som er viktige for rekreasjonsaktivitet i sine arealplaner.

I tettbebyggelse defineres stille områder som eksempelvis parker, kirkegårder og friområder som har et L_{den} støynivå som er under 52 dBA for flystøy. For tettsteder med sammenhengende grønnstruktur er nivågrensen på L_{den} 50 dBA. Utenfor tettbebygd strøk settes nivågrensen til L_{den} 40 dBA.

3.3 Beregningsmetode

Vurdering av flystøy etter Miljøverndepartementets retningslinjer gjøres kun mot støysonegrenser som er beregnet, dvs. at man ikke benytter målinger lokalt for å fastsette hvor grensene skal gå. Den beregningsmodellen som benyttes i Norge (se avsnitt 3.3.2), er imidlertid basert på en database som representerer en sammenfatning av et omfattende antall målinger. Skulle beregningene vært erstattet med målinger, så måtte det gjøres meget lange måleserier for å oppnå samme presisjonsnivå som det beregningsprogrammet gir.

Målinger kan nyttes som korrigerende supplement ved kompliserte utbredelsesforhold, ved spesielle flygeprosedyrer, eller når beregningsprogrammet eller dets database er utilstrekkelig.

3.3.1 Dimensjonering av trafikkgrunnlaget

Veilederen til T-1442/2021 legger seg opp til reglene fra EU direktiv 2002/49/EC [8] om at det skal benyttes et årsmiddel av trafikken. Det betyr at støysoner skal representere et middeldøgn for hele året. Dersom trafikken er sterkt sesongpreget (turisttrafikk) brukes gjennomsnitt av de tre måneder som har mest trafikk.

Militære øvelser som forekommer minst annethvert år, skal inngå i trafikkgrunnlaget.

3.3.2 Beregningsprogrammet NORTIM

Fra 1995 beregnes flystøy i Norge med det norskutviklede dataprogrammet NORTIM [9], [10] eller spesialutgaver av dette (REGTIM og RADTIM). Programmene er utviklet av SINTEF for de norske luftfartsmyndighetene. Det unike med NORTIM er at det tar hensyn til topografiens påvirkning av lydutbredelse, samt lydutbredelse over akustisk reflekterende flater.

NORTIM beregner i en og samme operasjon de aktuelle måleenheter som er foreskrevet i retningslinjen L_{den} og $MFN_{23\text{-}07}$ (som erstatning for L_{5AS}). Andre støymål som beregnes er blant annet ekvivalentnivået, L_{Aeq}, for hvert døgnsegment i det dimensjonerende middeldøgn. Beregningsresultatene fremkommer i tabellariske oversikter og/eller som støykurver (sonegrenser) som kan tegnes i ønsket målestokk. Alle resultatene leveres på SOSI filformat.

NORTIM programmene ble i 2002 endret ved at nye algoritmer for beregning av bakkedemping og direktivitet [11] ble tatt i bruk. Årsaken var at flyparken har andre karakteristika enn den som ble benyttet da de grunnleggende rutiner ble utviklet sent på 1970-tallet. De gamle rutiner var utelukkende empirisk utviklet, mens de nye er en blanding av empiri og teori. Bakkedemping er basert på en teoretisk modell [12], mens direktivitet er basert på

måleserier på Gardermoen i 2001 [13] og således empiriske. Etter endringene viser sammenligninger av lang tids målinger og beregninger for tilsvarende trafikk et avvik på i gjennomsnitt under 0.5 dB [11].

Beregningsprogrammet inneholder en database for over 300 ulike flytyper. Databasen er importert fra internasjonalt tilgjengelige kilder, i hovedsak fra USA, AEDT [14] og NOISEMAP [15] og med korrigerte støydata for to flyfamilier [11]. I tillegg benyttes data fra målinger foretatt av OSL for de to mest benyttede offshore helikoptre [16] og data fra fabrikken for det nye redningshelikopteret [17].

Ved bruk av en liste over substitutter for flytyper som ikke inngår i databasen, kan det beregnes støy fra om lag 650 forskjellige typer fly. I tillegg er det mulig å legge inn brukerdefinerte data for fly- og helikoptertyper som ikke er definert i databasen. I slike situasjoner hentes data fra andre anerkjente kilder eller egne målinger.

4 KARTLEGGING I HENHOLD TIL FORSKRIFT TIL FORURENSNINGSLOVEN

Forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy ble første gang gitt ved kongelig resolusjon 30. mai 1997, med virkning fra 1. juli samme år. Forskriften er hjemlet i forurensningsloven og omtales som forurensningsforskriften. Den ble revidert sist gang i 2004 [18].

4.1 Innendørs støy

Forurensningsforskriften fastsetter grenseverdier som skal utløse kartlegging og utredning av tiltak mot støy. Kartleggingsgrensen er satt til døgnekvivalent nivå ($L_{Aeq,24h}$) på 35 dBA innendørs når bare en støytype dominerer. Dersom flere likeverdige kilder er til stede, senkes kartleggingsgrensen for hver støykilde med 3 dB til 32 dBA.

4.1.1 Beregning med normtall for fasadedempning

Flystøy beregnes primært for utendørs nivå. Det må derfor gjøres forutsetninger om hvor stor støyisolasjon (demping) husets fasader medfører for å kunne gjøre resultatene om til innendørsnivå. Fasadeisolasjon varierer med frekvensinnhold i støyen. Lave frekvenser (basslyder) går lettere gjennom, mens høye frekvenser (diskant) dempes bedre. Ettersom frekvensinnhold er forskjellig fra flytype til flytype, vil støy fra disse ha ulik støydemping gjennom en fasade. Basert på Norges Byggforskningsinstitutts utredning om fasadeisolasjon [19], som er revidert av Brekke og Strand [20], er det valgt tre forskjellige normtall for fasadeisolasjon avhengig av hvilke flytyper som er støymessig dominant på hver flyplass. Grenseverdi for kartlegging baseres på hustyper ført opp i 1970 eller senere. Tabell 4-1 viser grenseverdiene for beregnet utendørs døgnekvivalent nivå ($L_{Aeq,24h}$):

Tabell 4-1. Kartleggingsgrenser i henhold til forurensningsloven.

Flyplasstype	Støymessig dominerende flytype	Minimum fasadeisolasjon Rw+c i vanlig bebyggelse	Kartleggingsgrense relativt til frittfeltsnivå
Regionale flyplasser	Propellfly	22 dBA	57 dBA (35+22)
Stamruteplasser / militære flyplasser	Jagerfly	27 dBA	62 dBA (35+27)
Stamruteplasser	Støysvake jetfly	27 dBA	62 dBA (35+27)
Offshoretransport	Sikorsky S-92	20 dBA	55 dBA (35+20)
Annen anvendelse i Norge	Andre typer helikoptre	23 dBA	58 dBA (35+23)

Tiltak på bygninger skal gjøres dersom innendørs støynivå overstiger 42 dBA døgnekvivalent nivå. En tentativ tiltaksgrense vil derfor ligge 7 dB over den kartleggingsgrense som for hvert tilfelle framkommer av tabellen over. For flyplasser hvor det ikke er én støymessig klart dominerende flytype beregnes innendørs nivå iht. metode beskrevet i ref. [21]. I korte trekk innebærer metoden at utendørs støynivå $L_{Aeq,24h}$ beregnes separat for hver av flykategoriene i tabellen over. Deretter beregnes innendørs $L_{Aeq,24h}$ for hver av kategoriene ved å anta fasadeisolasjon som gitt i tabellen over. Til slutt blir samlet innendørs $L_{Aeq,24h}$-nivå beregnet som effektsummen av bidragene fra hver kategori.

4.2 Strategisk støykartlegging

Strategisk støykartlegging gjennomføres for å tilfredsstille EU direktiv 2002/49/EC [8], befolkningens behov for informasjon og som grunnlag for handlingsplaner. Forskriften gir i vedlegg minstekrav til hva som skal beregnes og rapporteres. Denne del av kartleggingen gjelder for utendørs nivå og det er krav til flere støykart, samt opptelling av antall boliger og andre bygninger med støyømfintlig bruksområde innenfor intervaller av støynivå for både L_{den} og L_{night}.

Strategisk støykartlegging skal utføres på flyplasser med mer enn 50 000 sivile bevegelser per år. I dette tallet inngår ikke militær trafikk eller skoleflyging, men denne trafikken skal likevel regnes med når kartleggingen foretas.

5 OMGIVELSER

5.1 Digitalt kartgrunnlag

Digitalt kartgrunnlag og topografi er hentet fra Kartverket sine gratis tjenester [23]. Topografien er representert med en punkttetthet på 10×10 meter.

I denne rapporten er følgende rullebaner definerte sørover:

- 18, med startpunkt ved terskel
- H18, Helikopterlandingsplass
- BE18 (BRAVO EAST), del av rullebane Y brukt til treningsrunder med helikopter
- YS18 (YANKEE SOUTH), del av rullebane Y brukt til treningsrunder med helikopter

Nordover er disse rullebanene definerte:

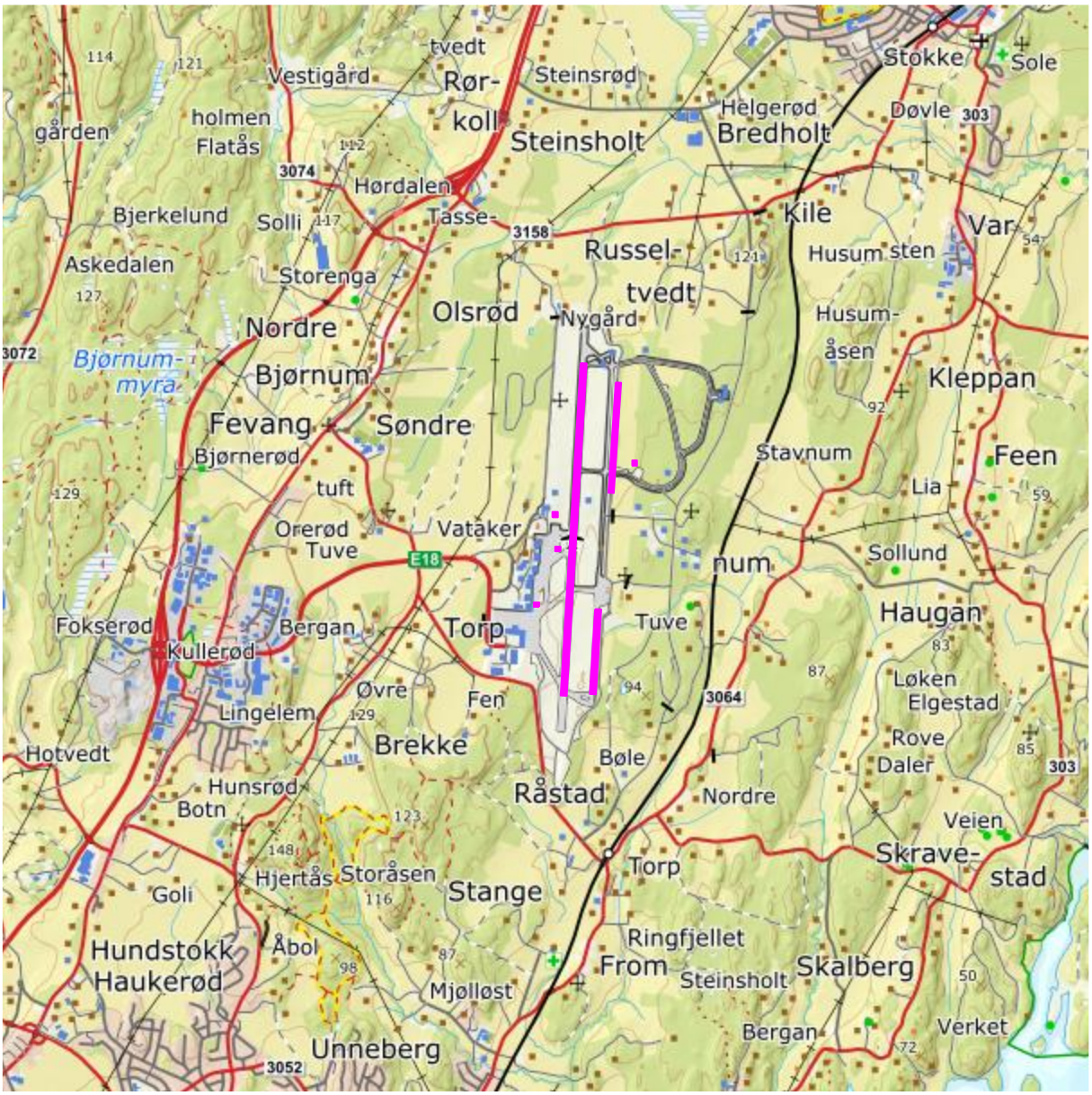
- 36, med startpunkt ved terskel
- H36, Helikopterlandingsplass
- BE36, (BRAVO EAST), del av rullebane Y brukt til treningsrunder med helikopter
- YS36, (YANKEE SOUTH), del av rullebane Y brukt til treningsrunder med helikopter

I tillegg er det definert

- HR, punkt for motorkjøring etter teknisk vedlikehold for Widerøes sine maskiner i rusegrop øst for krysset taksebane Y / taksebane B
- HT, punkt for tomgangskjøring etter teknisk vedlikehold for Widerøes sine maskiner ved hangar

Tabell 5-1. Posisjon til rullebanene gitt i koordinatsystem UTM sone 33 EUREF89.

RWY	FromEast	FromNorth	ToEast	ToNorth	Direction	Length
18	229292	6571696	229145	6569249	183	2451
36	229147	6569249	229292	6571696	3	2451
BE18	229548	6571554	229494	6570742	184	814
BE36	229494	6570742	229548	6571554	4	814
H18	229102	6570346	229102	6570312	180	34
H36	229102	6570312	229102	6570346	0	34
HG	228945	6569903	228945	6569935	0	32
HR	229650	6570961	229685	6570961	90	35
YS18	229395	6569855	229378	6569521	183	334
YS36	229378	6569521	229395	6569855	3	334



Figur 5-1. TORP Sandefjord lufthavn med omgivelser.
Rullebanen (terskel til terskel), helikopterlandingsplass og plasser for motorkjøring er markert rosa. M 1:50 000.

6 FLYAKTIVITETEN VED TORP SANDEFJORD LUFTHAVN

I følge retningslinje T-1442/2021 skal det benyttes trafikk for et helt år som grunnlag for beregningen av støysoner. I dette tilfellet er trafikken for 2023 benyttet som utgangspunkt for beregningene.

6.1 Trafikk ifølge tårnjournalen

TORP Sandefjord lufthavn har levert tårnjournal for 2023. I tillegg til denne trafikken over er det lagt til

- Daglig landing med ATR 76 fra København i tidsrommet 00:00 – 00:30.
- 5942 bevegelser for å representere flygninger som gjør instrument treningsinnflyginger (uten å lande).
- 98 forekomster av motorkjøring på 20 minutter hver i 2023, fordelt på 19 tester i rusegrop og 79 tomgangskjøringer foran hangar. Av tekniske årsaker er disse registrert som «avganger» i tabellene under.

Nedenfor er det gitt en oversikt over trafikkgrunnlaget slik det er registrert.

Tabell 6-1. Antall flybevegelser i 2023.

Type bevegelse	Antall
Landinger	20863
Landingsrunder	9469
Avganger	20571
Totalt	**50903**

Tabell 6-2. Antall bevegelser per type flyging i 2023.

FLT	Beskrivelse	Antall
1	Ruteflyging	17575
2	Ikke regelbundet trafikk	504
3	Fraktflyging	1
5	Annen kommersiell helikopterflyging	1024
6	Annen kommersiell flyging	86
11	Ettersøkning- og redningstjeneste	4
12	Ambulanseflyging	181
13	Skole- og instruksjonsflyging	22255
14	Posisjonsflyging	339
15	Teknisk retur flyging	24
16	Kontrollflyginger	8
17	Allmenn flyging	2809
21	Militær flyging	42
22	Ambulanseflyging med militært luftfartøy	1
23	Militær skoleflyging	8
30	Operativ militær flyging	2
	Motorkjøring	98
	Instrument treningsinnflyginger	5942
	Totalt	**50903**

I journalen fra Avinor er det benyttet koding av flytypenavn etter ICAO dokument 8643, http://www.icao.int/anb/ais/8643/index.cfm. I databasen til beregningsprogrammet har flytypene andre betegnelser og det er derfor en del av forbehandling av data å oversette typenavn til de som databasen inneholder. I de tilfeller hvor det er flytyper som det ikke er data for i databasen, benyttes substitutter etter en godkjent liste. Det er også

benyttet samlebetegnelser for mindre fly, GASEPF og GASEPV, for enmotors småfly med stempelmotor og propell henholdsvis med fast og variabel pitch. BEC58P benyttes på samme måte som en samlebetegnelse på små to-motors propellfly med stempelmotor. For helikopter som ikke har egne data er det benyttet betegnelsene LHEL, MHEL og THEL for lett, middels og tungt helikopter. Disse tre klassene modelleres med data for henholdsvis Bo105, SA365 og SK61.

I alt er det registrert 148 forskjellige flytyper ved lufthavnen i løpet av 2023. Etter oversetting og substituering er antallet forskjellige flytyper redusert til 58. Et utdrag av listen over flytyper etter substituering er vist i Tabell 6-3. Figur 6-1 viser trafikkfordelingen over et estimert gjennomsnittsdøgn.

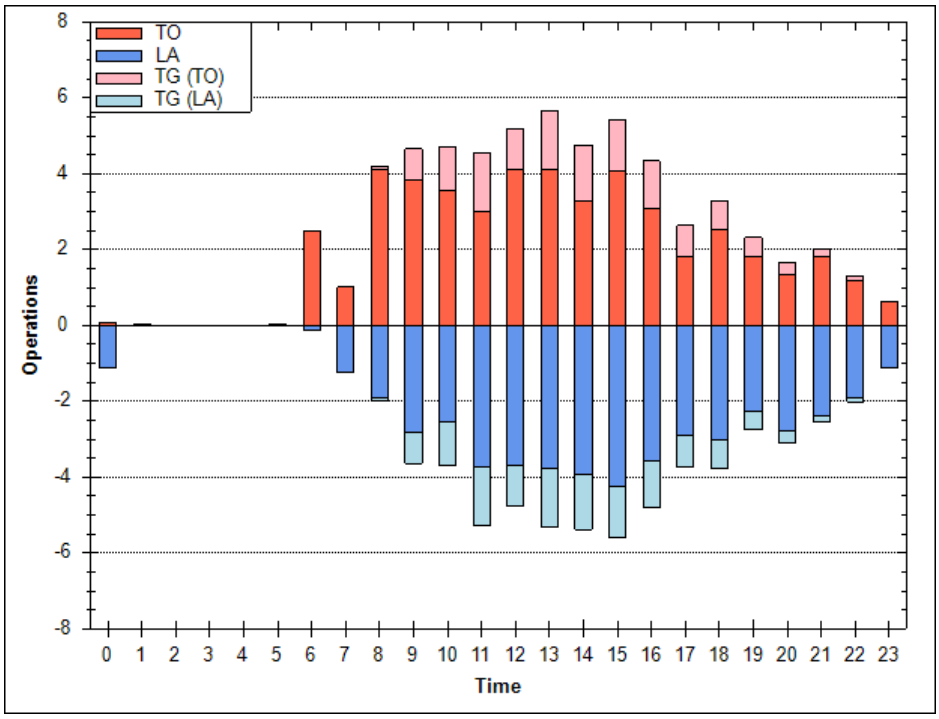
Tabell 6-3. Antall bevegelser per type fly i 2023.

Flytype	Antall
BEC58P	8998
R22	8700
DHC830	6592
GASEPV	5275
737800	5047
SA350	2509
A321-232	2077
CNA172	1715
EC135	1501
PA28	1357
7378MAX	1333
A320	944
GASEPF	804
EMB175	705
EMB190E2	550
(Andre)	2806
Totalt	**50903**

Flytyper som har tilnærmet samme operasjonsmønster samles videre i grupper for å forenkle beregningsgrunnlaget. Det er valgt fire forskjellige grupper, som vist i Tabell 6-4.

Tabell 6-4. Gruppering av flytyper med samme operasjonsmønster og egenskaper.

Kategori	Forklaring	Antall
GA	Småfly	19087
H	Helikopter	12907
Jet	Moderne rutefly med jetmotorer	11789
Turbo	Turbopropmaskiner, Widerøe og ambulansefly	7120
Totalt		**50903**



Figur 6-1. Antall bevegelser per time for et gjennomsnittsdøgn i 2023.

6.2 Prognose for 2035

Flystøy beregnes normalt for dagens situasjon og for en ti års prognose. For beregning av situasjonen i 2035 har TORP Sandefjord lufthavn oversendt prognose for passasjertrafikk. Det antas at antall flybevegelser grovt sett følger endringer i passasjertall. Ut fra disse tallene er det ventet en økning i rute- og chartertrafikk på 20% fra 2023 til 2035.

Det forventes at både Wizz Air, Ryanair og Norwegian vil fornye flåten sin i perioden og SINTEF har lagt inn nyere fly som erstatning for 737700, 737800, A320 og A32123 for prognosen.

For skoleflyging er det ventet en nedgang, blant annet med bakgrunn i større bruk av simulator. Det antas at antall flyginger med enmotors propellfly vil bli halvert. I tillegg er det forventet at all skoleflyging vil skje med elektrisk fly.

SINTEF har for prognosen byttet ut alle DA40 og CNA172 med en fiktiv flytype DA40E med 3 dB mindre støypådrag enn DA40 for å representere elektriske fly.

DA40 blir i all hovedsak bare brukt til skoleflyging, mens CNA172 også er representert med et betydelig antall operasjoner 'Allmenn flyging'. Det forventes at også flyklubbene sin aktivitet etterhvert vil gå over til elektriske fly. SINTEF har av beregningstekniske årsaker valgt å la CNA172 sitt bidrag i 'Allmenn flyging' representere skiftet fra forbrenningsmotor til elektrisk motor, ved å bytte alle CNA172 til DA40E for prognosen.

Widerøe har hatt en nedgang i antall motorkjøringer de senere årene. Dagens nivå ventes å beholdes og modelleres med 20% reduksjon i forhold til forrige beregning i 2018..

For den øvrige trafikken antas det ingen vesentlige endringer.

Tabell 6-5. Antall flybevegelser for prognosen 2035.

Type bevegelse	Antall
LA	22123
TG	8739
TO	21758
Totalt	**52620**

Tabell 6-6. Antall bevegelser per type flyging for prognosen 2035.

FLT	Beskrivelse	Antall
1	Ruteflyging	21090
2	Ikke regelbundet trafikk	605
3	Fraktflyging	1
5	Annen kommersiell helikopterflyging	1024
6	Annen kommersiell flyging	86
11	Ettersøkning- og redningstjeneste	4
12	Ambulanseflyging	181
13	Skole- og instruksjonsflyging	20284
14	Posisjonsflyging	407
15	Teknisk retur flyging	29
16	Kontrollflyginger	8
17	Allmenn flyging	2809
21	Militær flyging	42
22	Ambulanseflyging med militært luftfartøy	1
23	Militær skoleflyging	8
30	Operativ militær flyging	2
	Motorkjøring	98
	Instrument treningsinnflyginger	5942
	Totalt	**52620**

7 FLYGEPROSEDYRER

Prosedyrer beskrevet i forrige rapport fra 2018 ligger til grunn for flygeprosedyrene i denne rapporten.

I støyberegningene legges det inn en standard sideveis spredning av trafikken på de viste traséene.

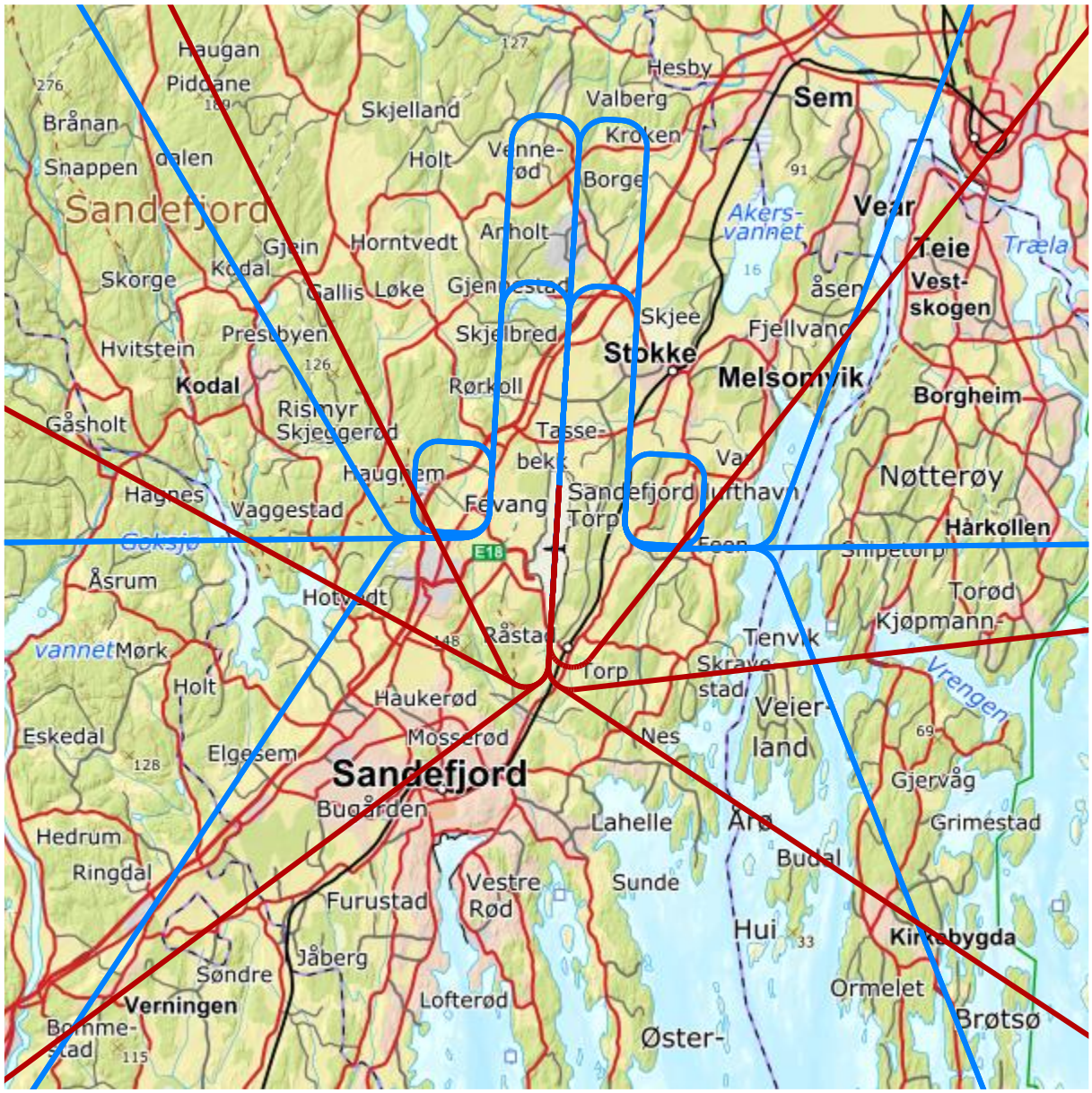
Rullebanefordelingen 55% på bane 18 og 45% på bane 36 gjelder for alle flygninger og alle flytyper.

Det er 6 sjekkpunkt som småfly (GA) og helikopter (H) bruker for alle landinger og avganger. TORP Sandefjord lufthavn estimerer denne fordelingen, som SINTEF legger til grunn for beregningene:

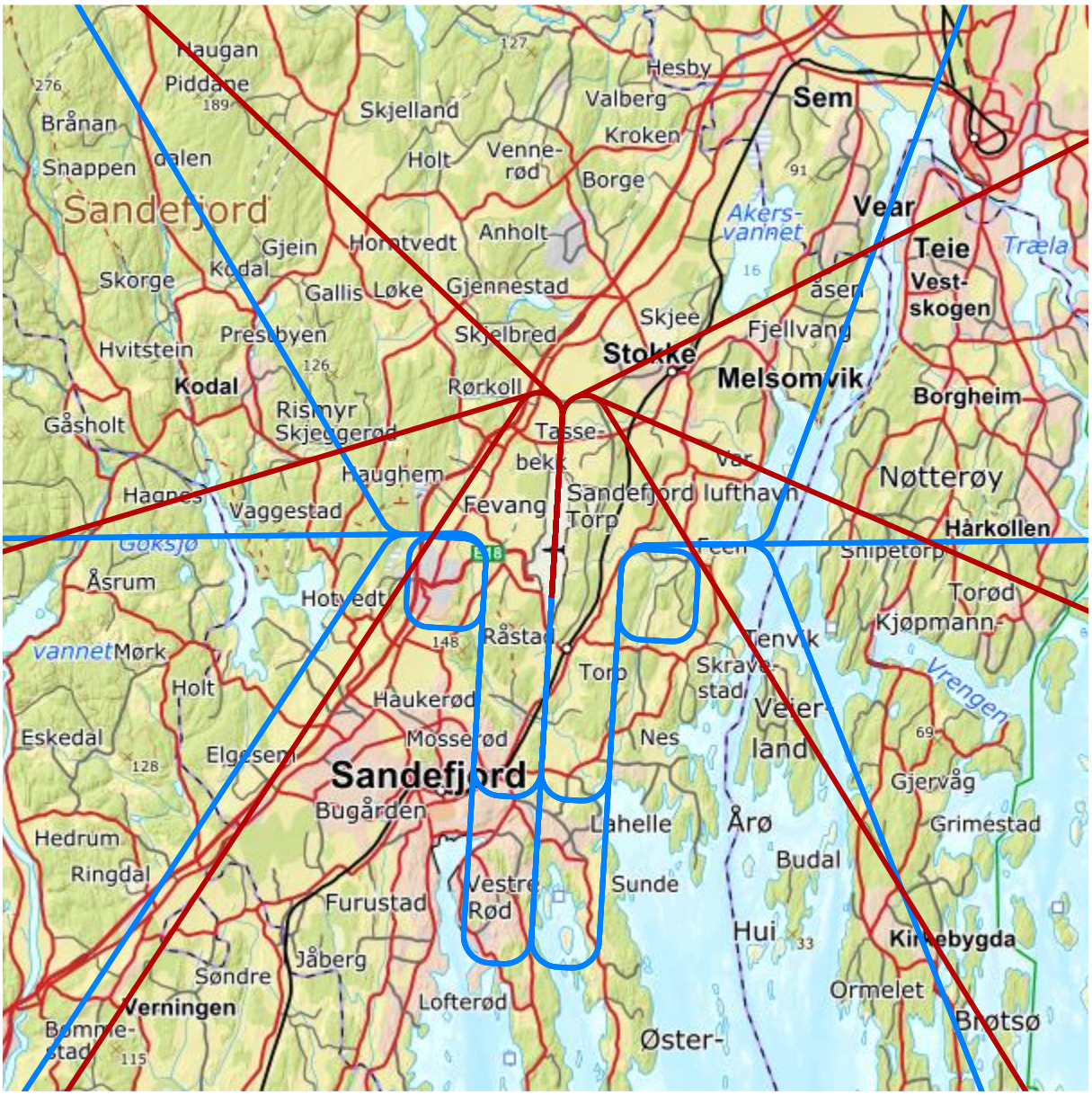
- Bommestad 25%
- Åsrum 20%
- Tønsberg 20%
- Vidaråsen 15%
- Årøysund 10%
- Vasser 10%

7.1 GA – småfly

For landinger med småfly er det 20% som har lang finale. Det er estimert 20% med holding downwind. SINTEF har lagt inn én runde etter holding downwind-traséen som vist i AIP for 20% av landingene.



Figur 7-1. Landinger (blå strek) og avganger (rød strek) for småfly på bane 18.
For landinger er traséer for kort og lang finale samt 'holding downwind' illustrert. M 1:150 000.

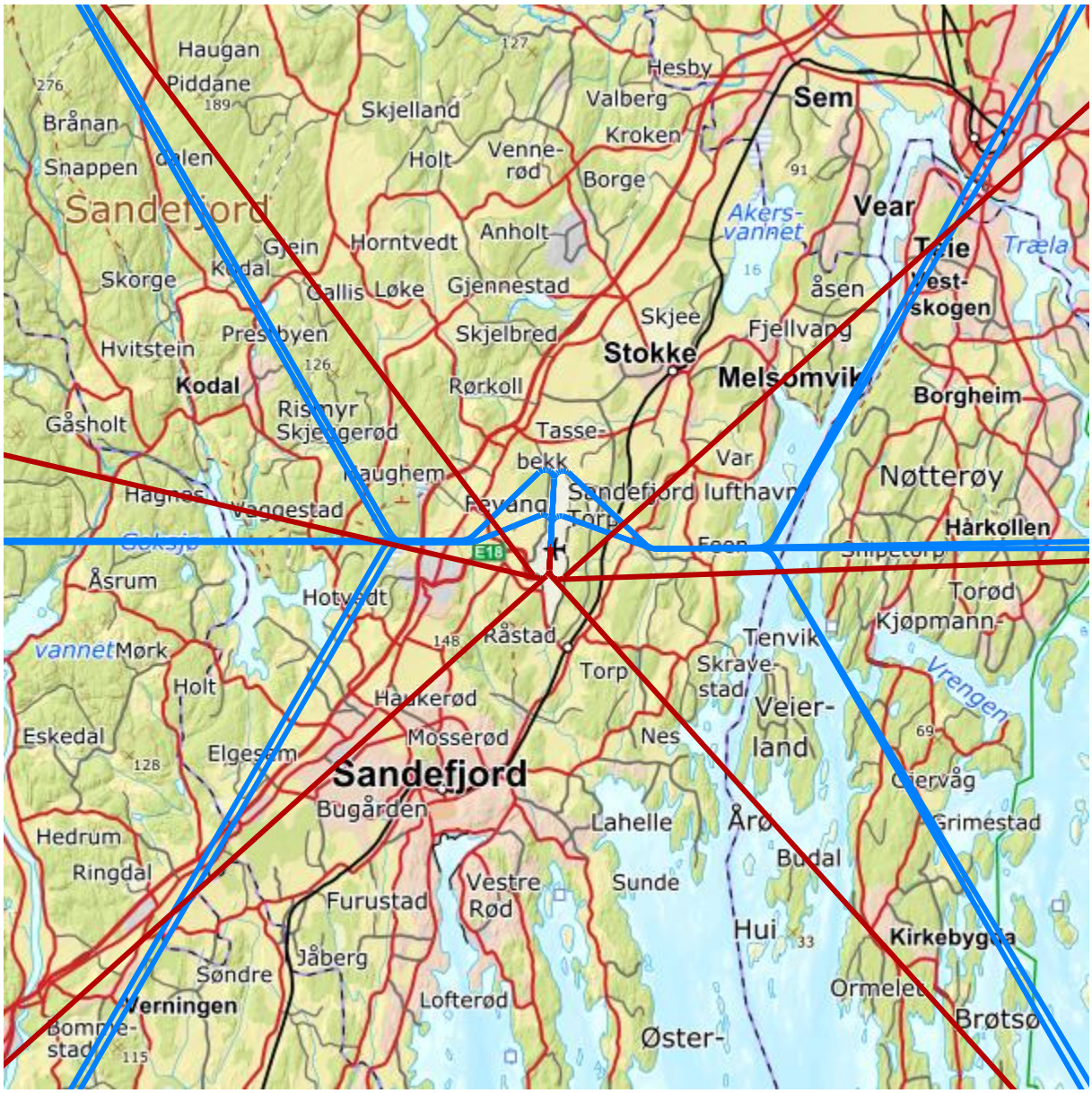


Figur 7-2. Landinger (blå strek) og avganger (rød strek) for småfly på bane 36.
For landinger er traséer for kort og lang finale samt 'holding downwind' illustrert. M 1:150 000.

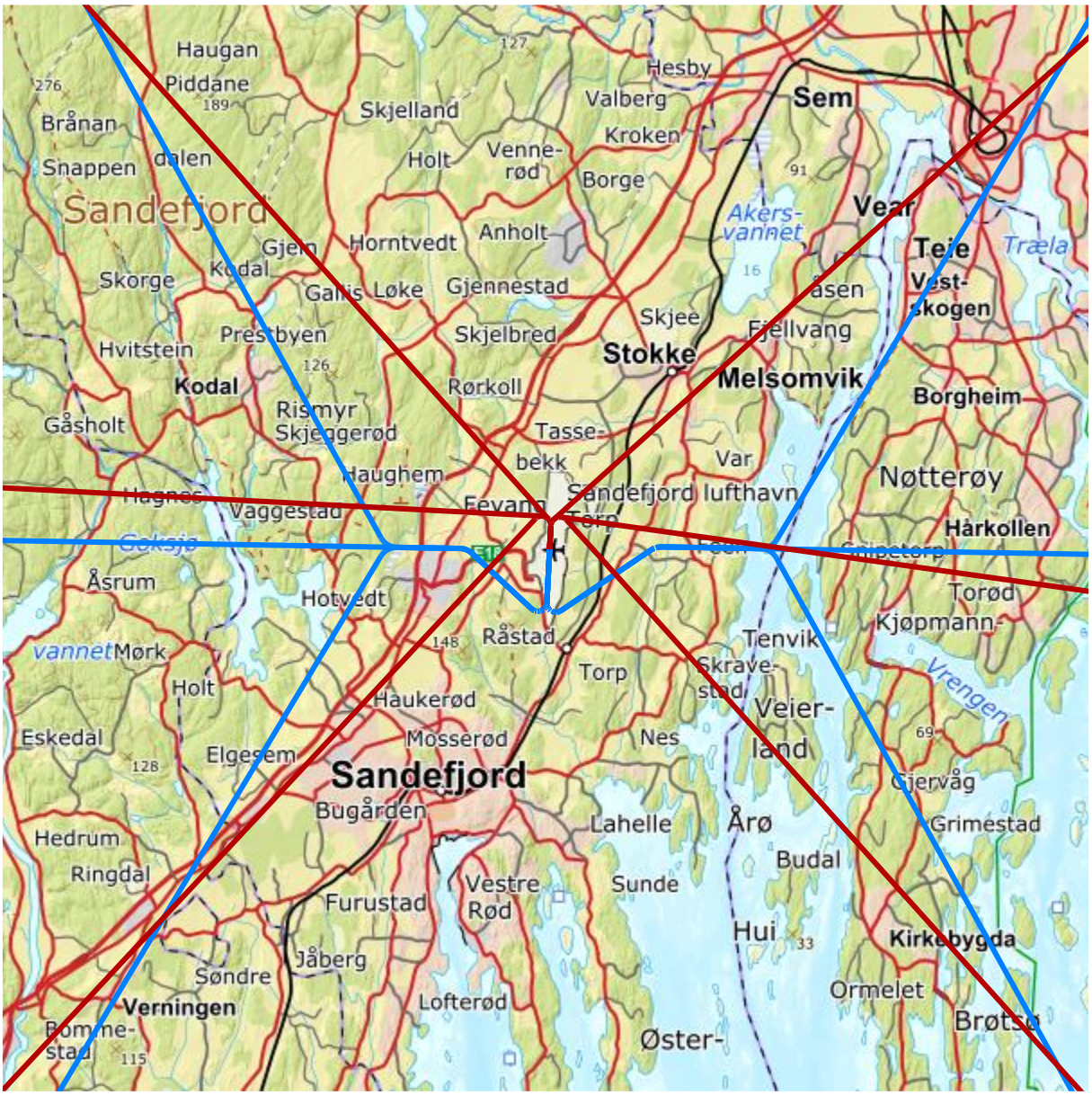
7.2 H – Helikopter

For helikoptrene er det beregnet innflyging og utflyging på banene H18 og H36, som er helikopterlandingsplassen i retningene sørover og nordover.

For landinger nordfra har de fleste, estimert til 80%, finale fra like langt nord som terskel rullebane 18, og bare 20% følger AIP.



Figur 7-3. Landinger (blå strek) og avganger (rød strek) for helikopter på bane 18. M 1:150 000.



Figur 7-4. Landinger (blå strek) og avganger (rød strek) for helikopter på bane 36. M 1:150 000.

7.3 Jet og Turbo – Moderne rutefly med jetmotorer og turbopropmaskiner

SINTEF har lagt til grunn at Jet og Turbo flyr langs samme traséer. Vektorisert innflyging og visuell innflyging vil gi en noe kortere trasé enn AIP.

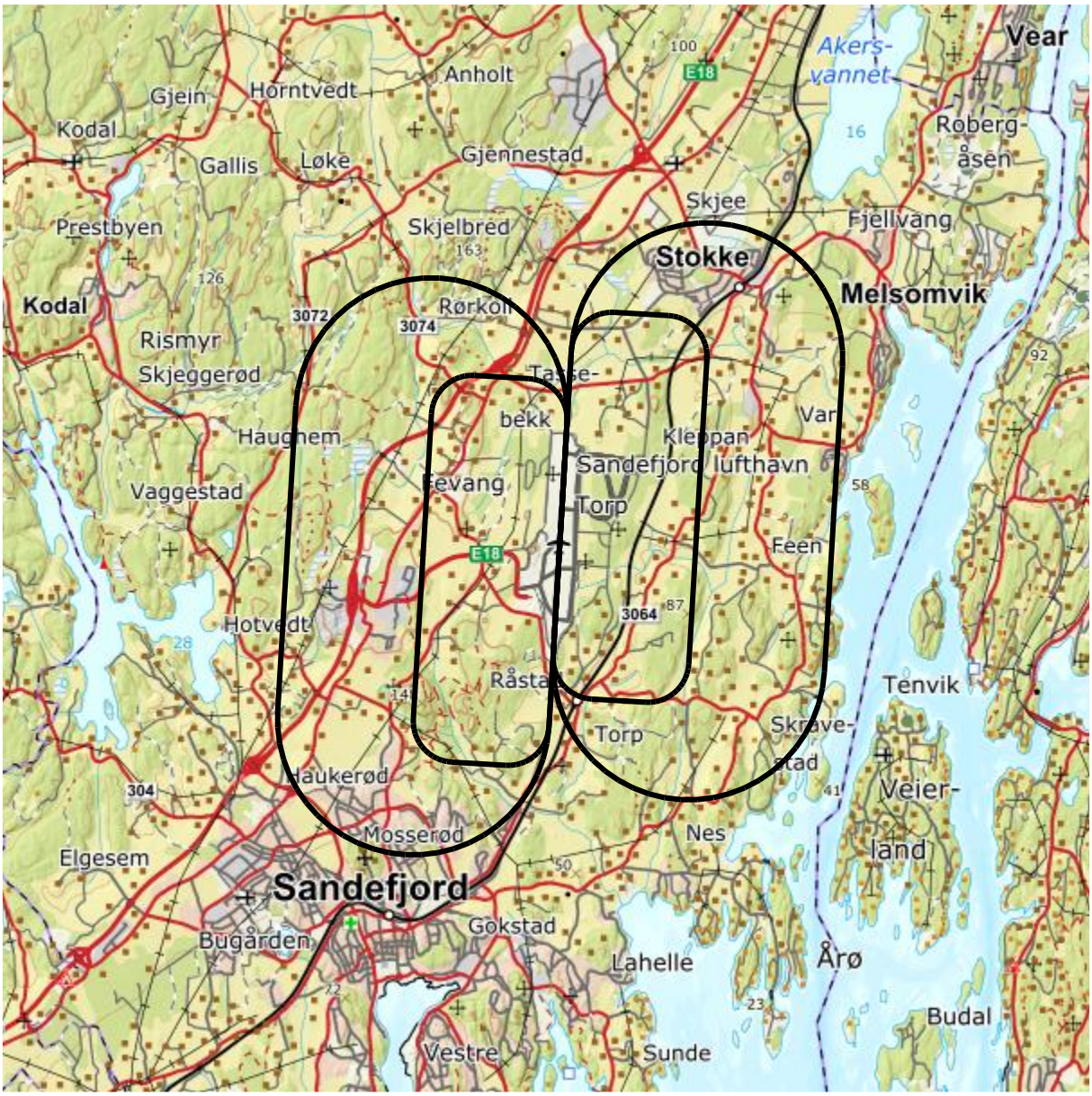
TORP Sandefjord lufthavn estimerer at 20% av landingene med Jet skjer med vektorisert innflyging og at 50% av landingene med Turbo skjer med visuell innflyging.

Selv om traséene til vektorisert innflyging og visuell innflyging vil variere noe, har SINTEF, av beregningstekniske årsaker, valgt én samlet trasé.

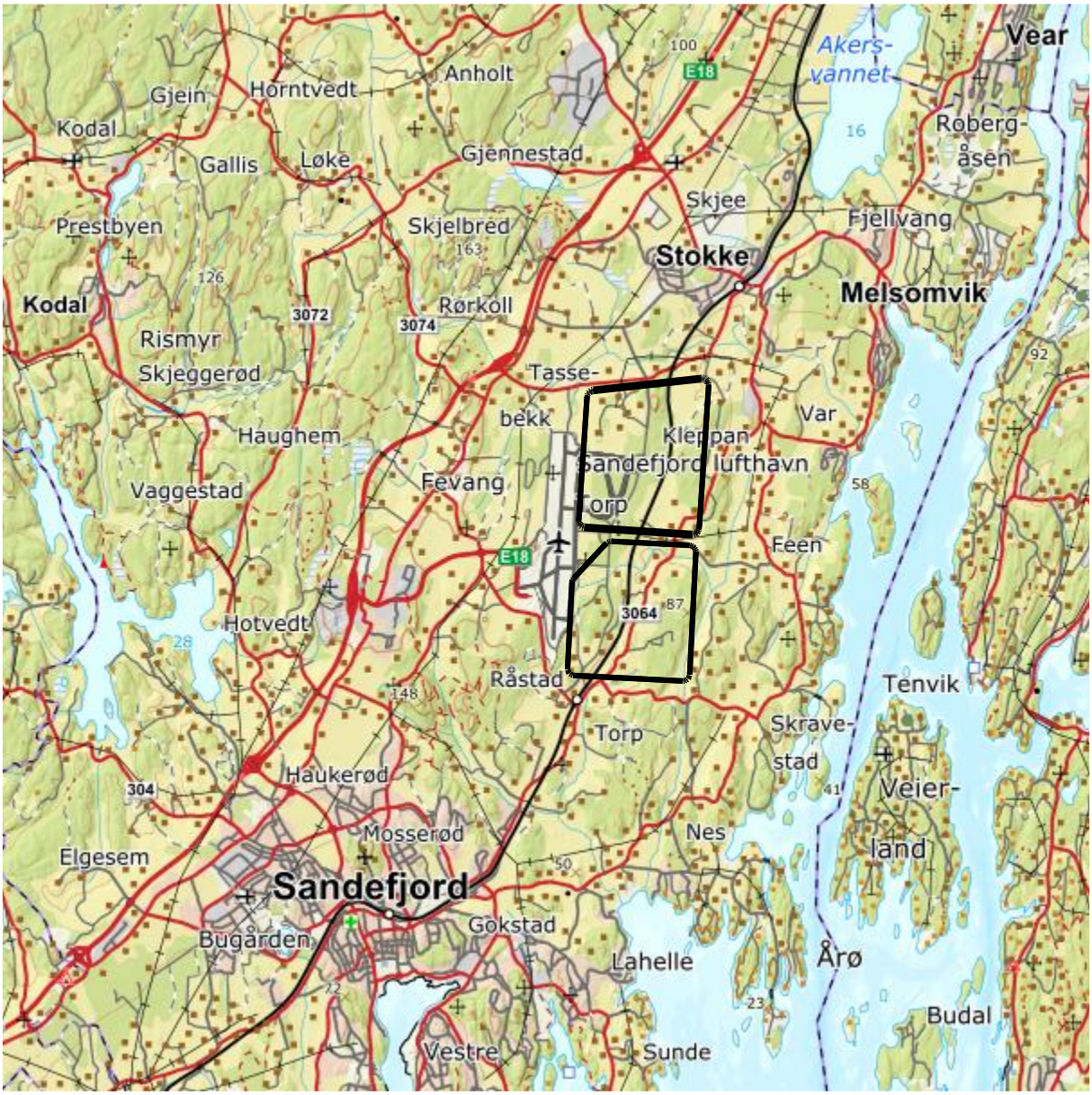
Figur 7-5. Landinger (blå strek) og avganger (rød strek) for Jet og Turbo på bane 18. M 1:400 000.

Figur 7-6. Landinger (blå strek) og avganger (rød strek) for Jet og Turbo på bane 36. M 1:400 000.

7.4 Landingsrunder



Figur 7-7. Landingsrunder for småfly, de innerste rundene, og for Jet og Turbo, de ytterste rundene. M 1:100 000.



Figur 7-8. Landingsrunder for helikopter. M 1:100 000.

7.5 Motorkjøring

Det er lagt inn lagt inn 98 forekomster av motorkjøring med Widerøes maskiner på 20 minutter hver i 2023, fordelt på 19 tester i rusegrop, rullebane HR, og 79 tomgangskjøringer foran hangar, rullebane HG. 70% av motorkjøringene antas å skje på nattestid, de resterende 30% på dagtid.

8 BEREGNINGSPARAMETRE

8.1 Beregningsenheter

Det beregnes for alle enheter som er relatert til retningslinje T-1442/2021 og forurensningsforskriften.

8.2 Beregning i enkeltpunkt

Det gjøres punktberegninger i koordinatpunktene for alle støyømfintlige bygninger innenfor beregningsområdet. Bygningsdata fra Norges Eiendommer er importert per 2024-10-30.

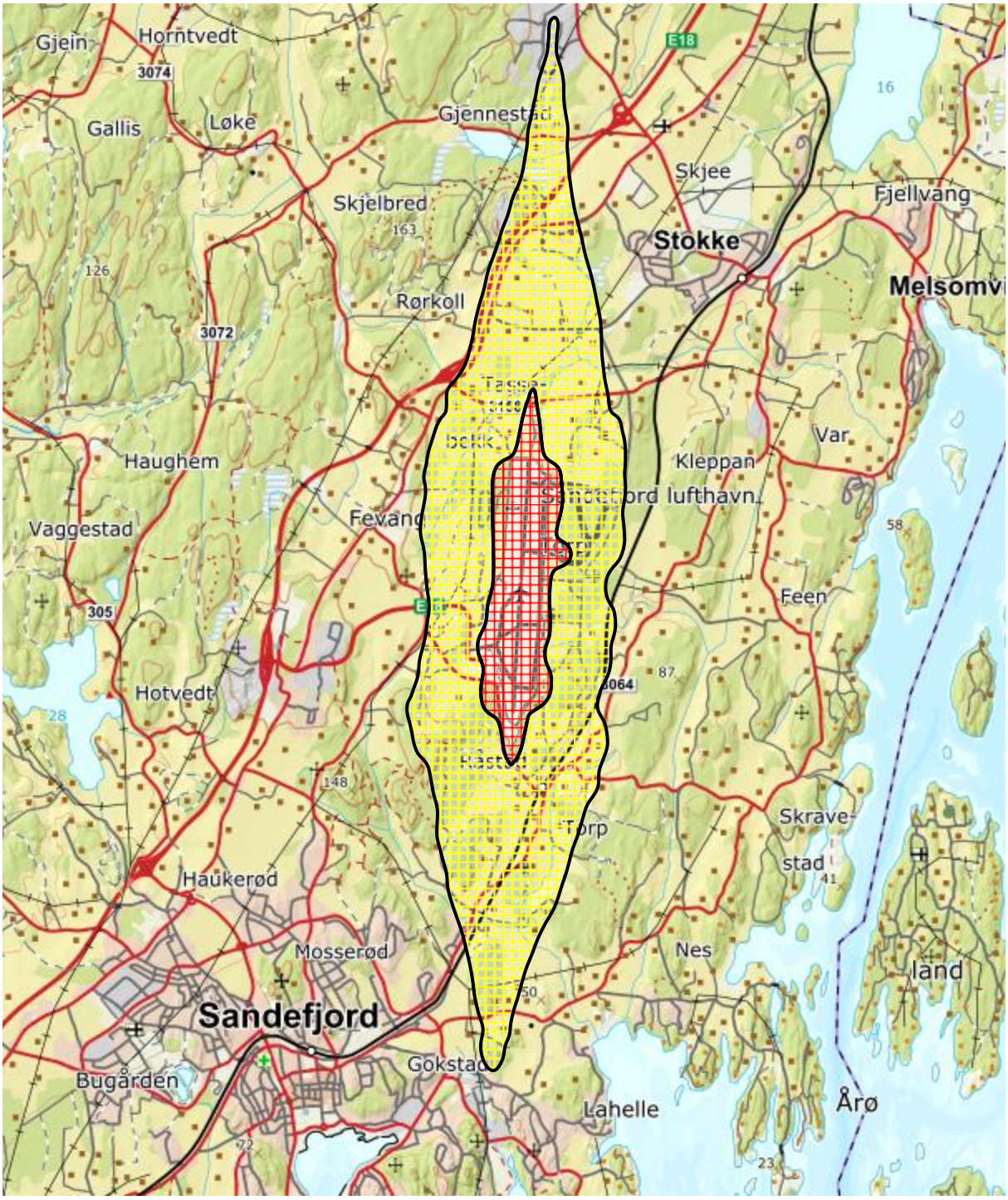
8.3 NORTIM beregningskontroll

Grunnlagsberegningene for T-1442/2021 og kartlegging etter forurensningsforskriften foretas med en oppløsning på 256 fot (78 meter) mellom hvert punkt med mottakerhøyde 4 meter over bakken. For alle beregningene tas det hensyn til topografien.

9 RESULTATER RELATERT TIL RETNINGSLINJE T-1442/2021

9.1 Støysonekart

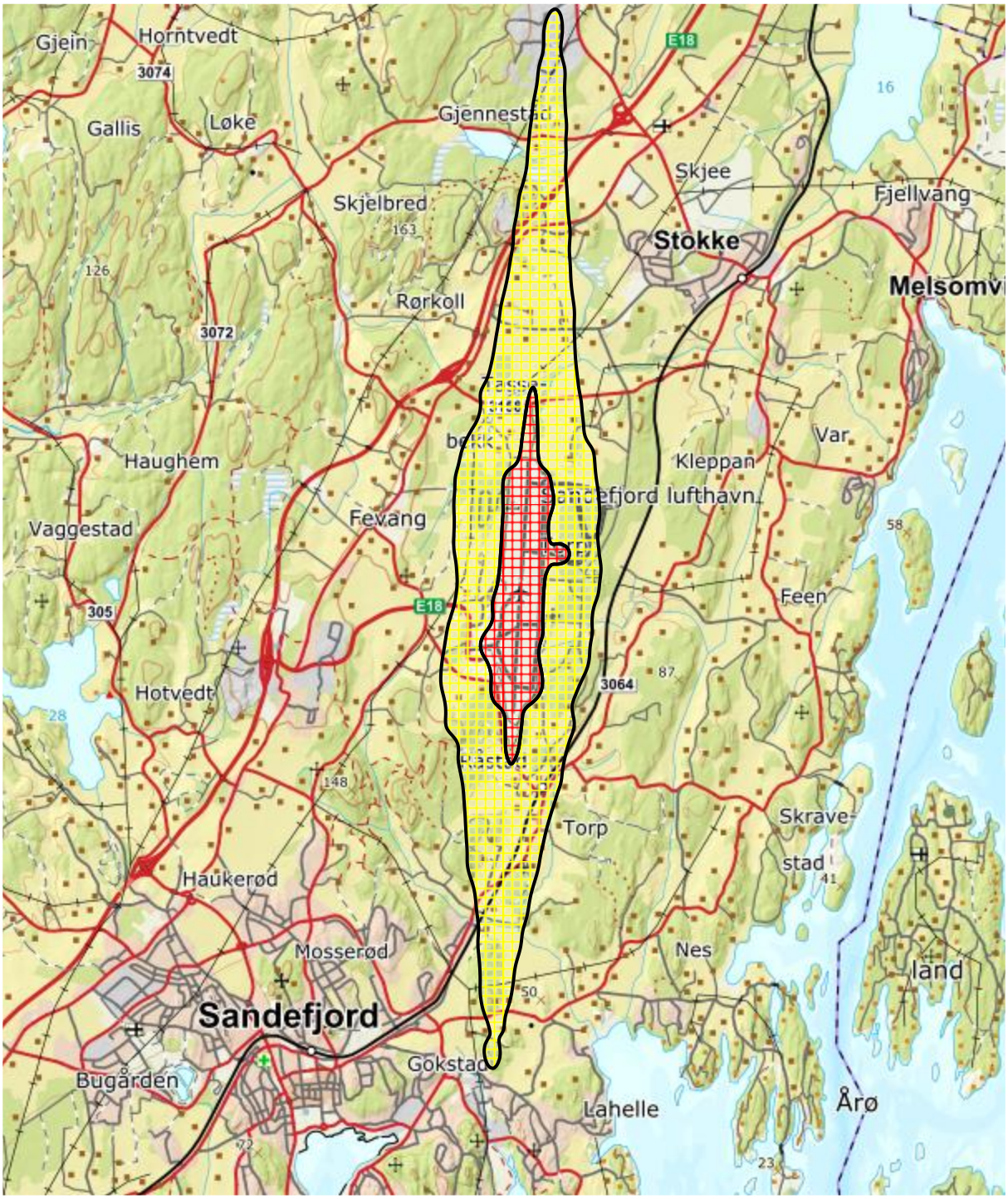
Støysonekart for dagens situasjon er vist i Figur 9-1, og for prognosesituasjon i Figur 9-2. Beregningene som er gjort inneholder også resultater for andre enheter for støynivå. Disse foreligger på SOSI filformat og leveres oppdragsgiver på elektronisk form. De er ikke vist her av plasshensyn og ut fra ønske om å begrense omfanget av resultatfigurer.



Figur 9-1. Støysoner for dagens situasjon (2023). M 1:75 000.

Tabell 9-1. Areal innenfor støysoner for dagens situasjon (2023) og prognosesituasjon (2035).

	Areal (2023)	Areal (2035)
Rød sone	2,72 km^2	2,03 km^2
Gul sone	15,23 km^2	10,14 km^2



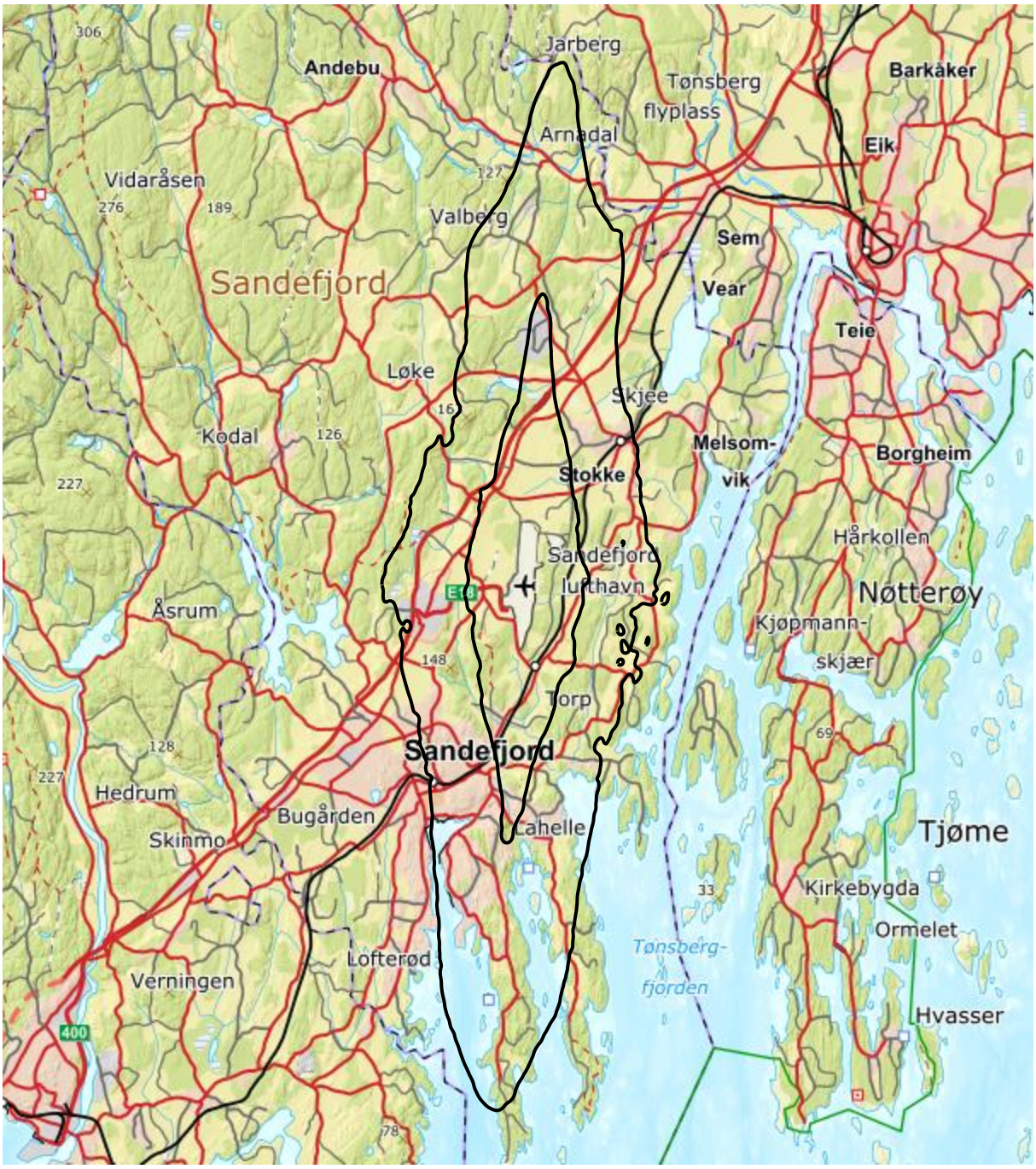
Figur 9-2. Støysoner for prognosesituasjon (2035). M 1:75 000.

For begge situasjoner er det bare L_{den} som gir bidrag til støysonene. For prognosen er det en tydelig reduksjon i støynivået som skyldes forventet overgang til mindre støyende flytyper, og forventet mindre aktivitet ved flyskolen. Trafikkøkning på 20% for rute/charter medfører likevel at endene av støysonene ikke får reduksjon av betydning.

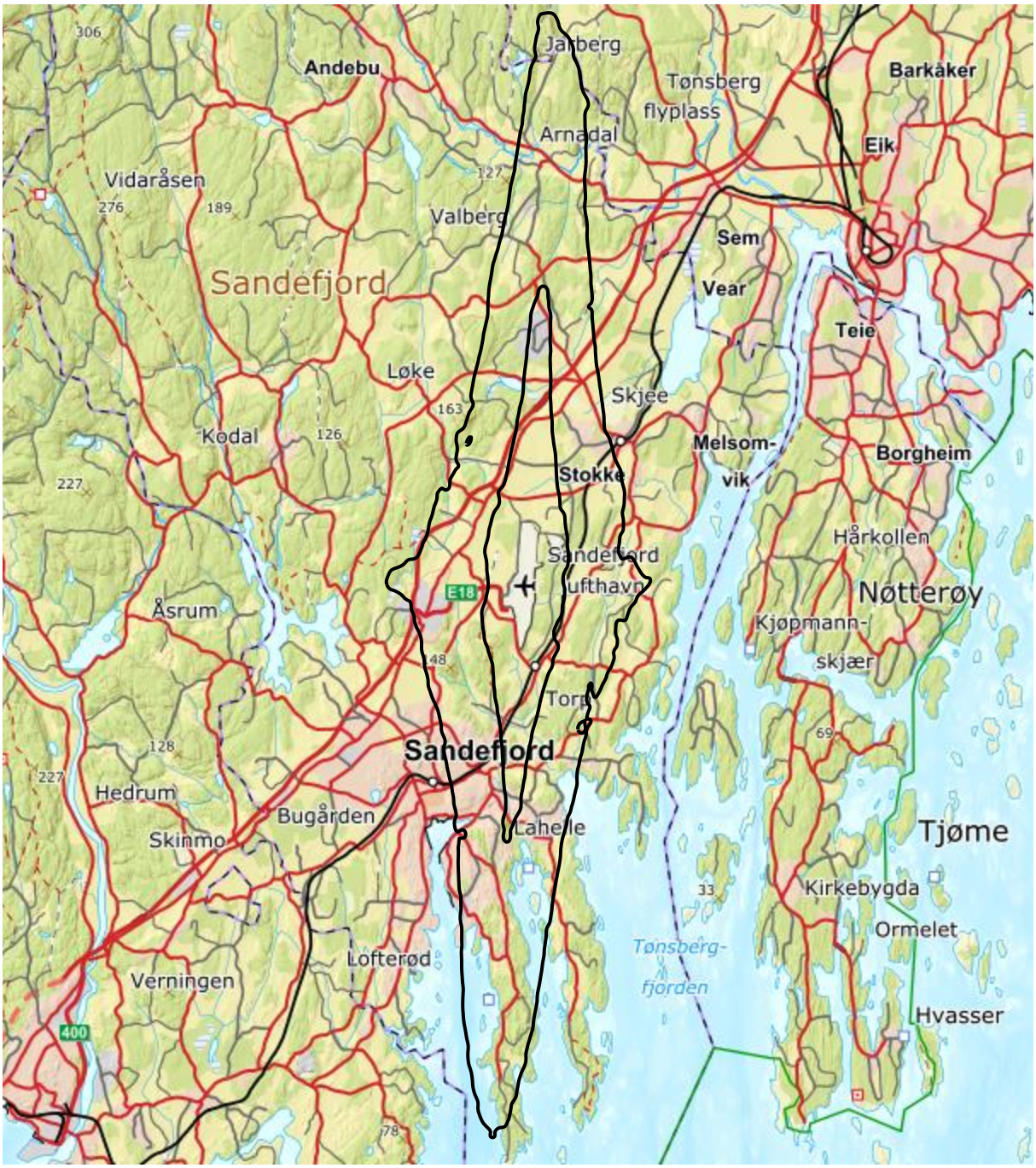
Retningslinje T-1442/2021 angir at støysonene som skal oversendes kommunen skal settes sammen som en "verste-tilfelle-kombinasjon" av de to situasjonene. I dette tilfellet tilsvarer dette dagens situasjon. Figur 9-1 viser derfor samlet støysonekart for perioden 2023 – 2035.

9.2 Kartlegging av stille soner

Som grunnlag for å kunne definere stille soner har SINTEF utarbeidet kart som viser grensene for L_{den} 40 og 50 dBA, både for dagens situasjon og prognosesituasjonen.



Figur 9-3. L_{den} 40 og 50 dBA for dagens situasjon. M 1:175 000.



Figur 9-4. L_{den} 40 og 50 dBA for prognosesituasjon (2035). M 1:175 000.

10 RESULTATER RELATERT TIL FORURENSNINGSFORSKRIFTEN

I dette kapitlet vises normalt beregningsresultater relatert til Forurensningsloven i form av kart over kartleggings- og tiltaksgrenser, tabeller med antall berørte støyømfintlige bygninger og andre relaterte resultater.

10.1 Kartlegging av innendørs støynivå

For beregningene ved TORP Sandefjord lufthavn legges "Stamruteplasser" til grunn for dagens situasjon, jamfør Tabell 4-1. I henhold til Tabell 4-1 er kartleggingsgrensen for flystøy og helikopterstøy da lik L_{Aeq24h} 62 dBA utendørs frittfeltnivå. Det tilsvarer en reduksjon på 27 dB i fasader relativt til frittfeltnivå og gir 35 dBA innendørs nivå.

Tentativ tiltaksgrense på innendørs nivå 42 dBA gir et tilsvarende frittfeltnivå på 69 dBA utendørs.

Tabell 10-1. Antall bosatte og bygninger innenfor tentativ tiltaksgrense og kartleggingsgrense for dagens situasjon (2023).

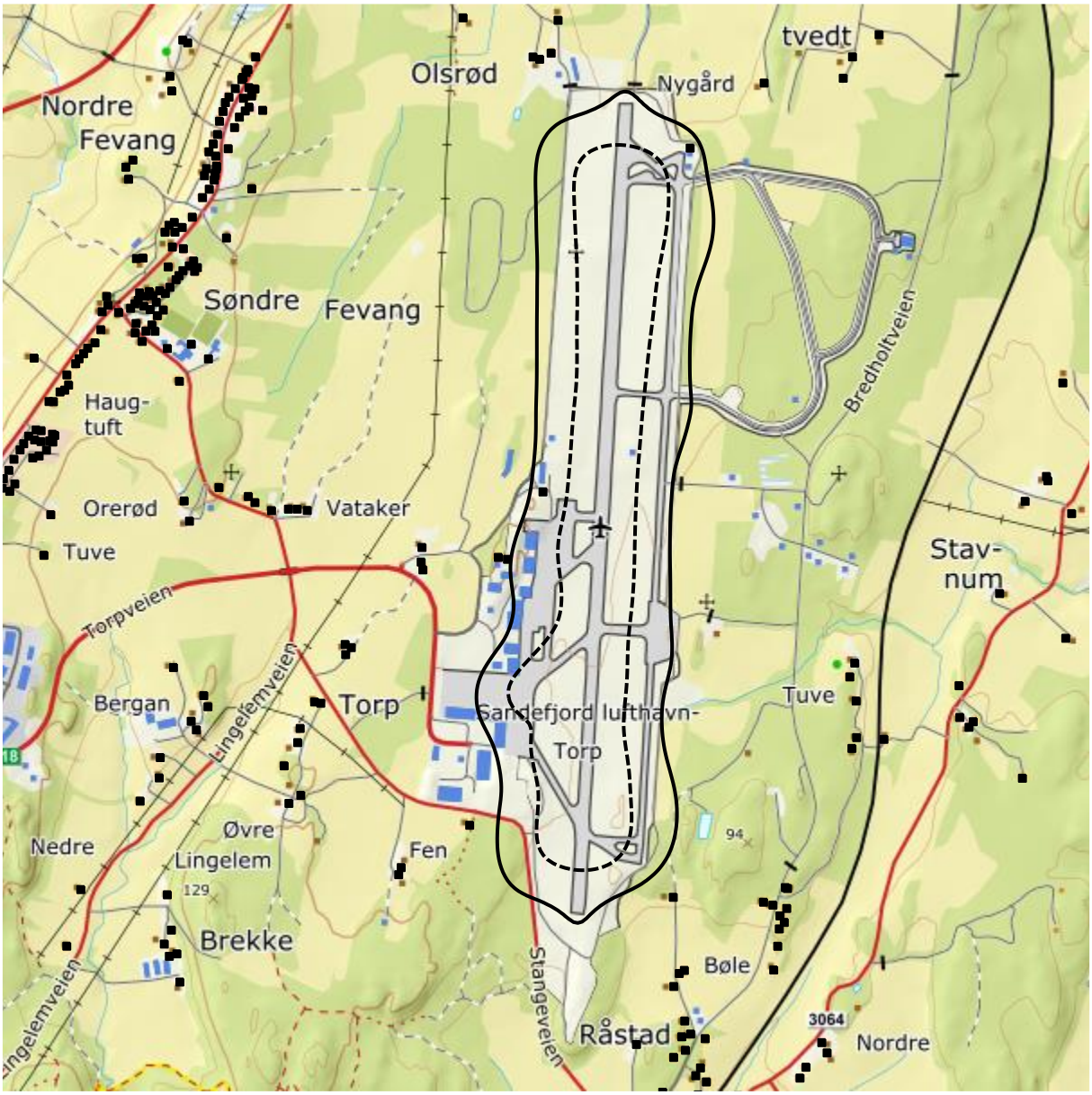
Nivå	Personer	Boliger	Skolebygninger	Sykehusbygninger	Fritidsboliger
62.0-69.0	0	3	0	0	0
69.0 ->	0	0	0	0	0

Tabell 10-2. Antall bosatte og bygninger innenfor tentativ tiltaksgrense og kartleggingsgrense for prognosesituasjon (2035).

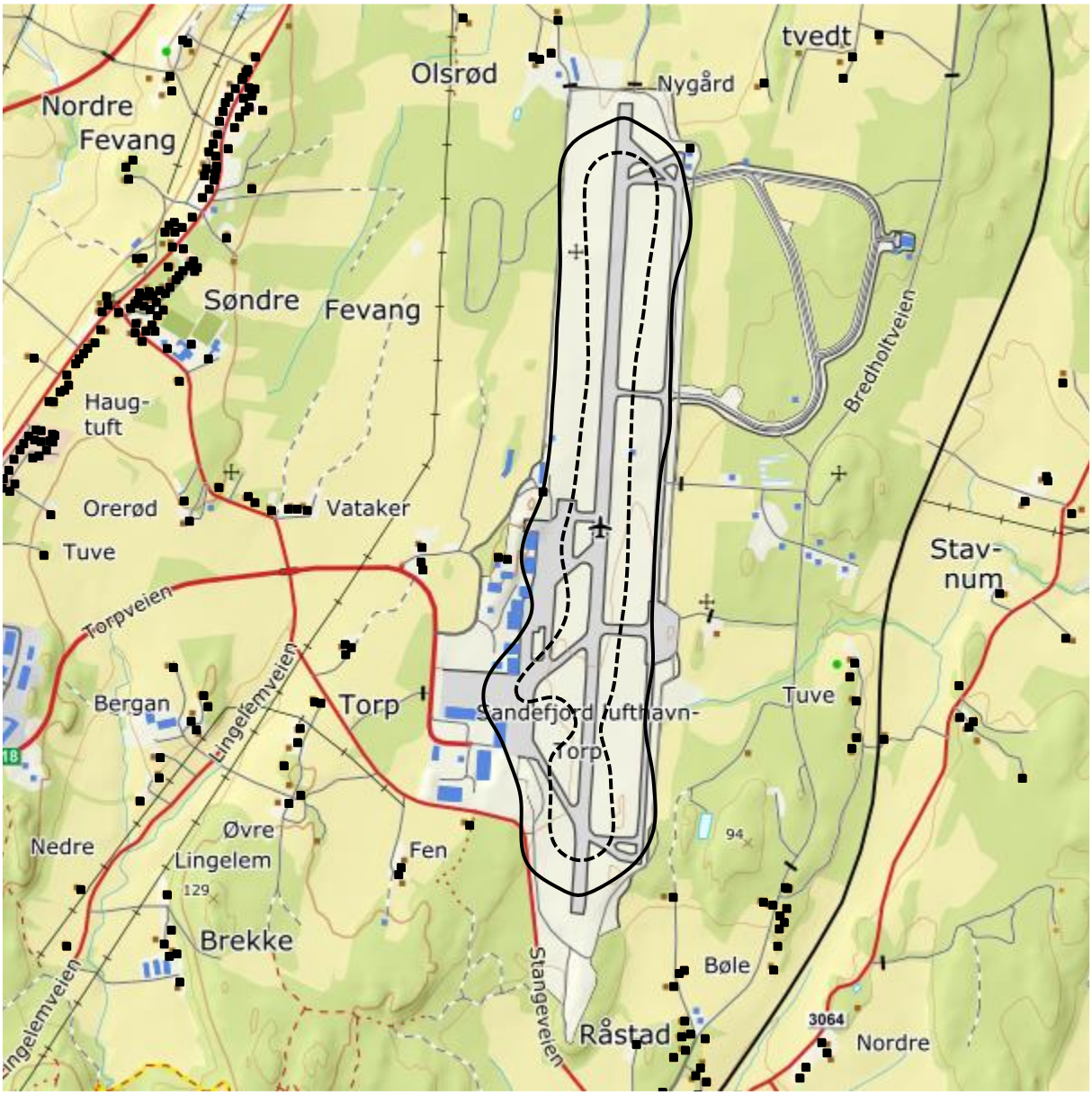
Nivå	Personer	Boliger	Skolebygninger	Sykehusbygninger	Fritidsboliger
62.0-69.0	0	0	0	0	0
69.0 ->	0	0	0	0	0

Merk at for dagens situasjon er det ingen *ordinære* boliger blant de tre registrerte bygningene innenfor kartleggingsgrensen.

Det høyeste L_{Aeq24h}-nivået blant bygninger med støyømfintlig bruksformål er 61,97 dBA for prognosesituasjonen, altså praktisk talt på kartleggingsgrensen. Denne bygningen er imidlertid heller ingen ordinær bolig.



Figur 10-1. Tentativ tiltaksgrense (stiplet) og kartleggingsgrense (heltrukken);
L_{Aeq24h} 69 og 62 dBA for dagens situasjon (2023).
Bygninger med støyfølsomt bruksformål er markert med svarte firkanter. M 1:25 000.



Figur 10-2. Tentativ tiltaksgrense (stiplet) og kartleggingsgrense (heltrukken);
L_{Aeq24h} 69 og 62 dBA, for prognosesituasjon (2035).
Bygninger med støyfølsomt bruksformål er markert med svarte firkanter. M 1:25 000.

10.2 Kartlegging av utendørs støynivå

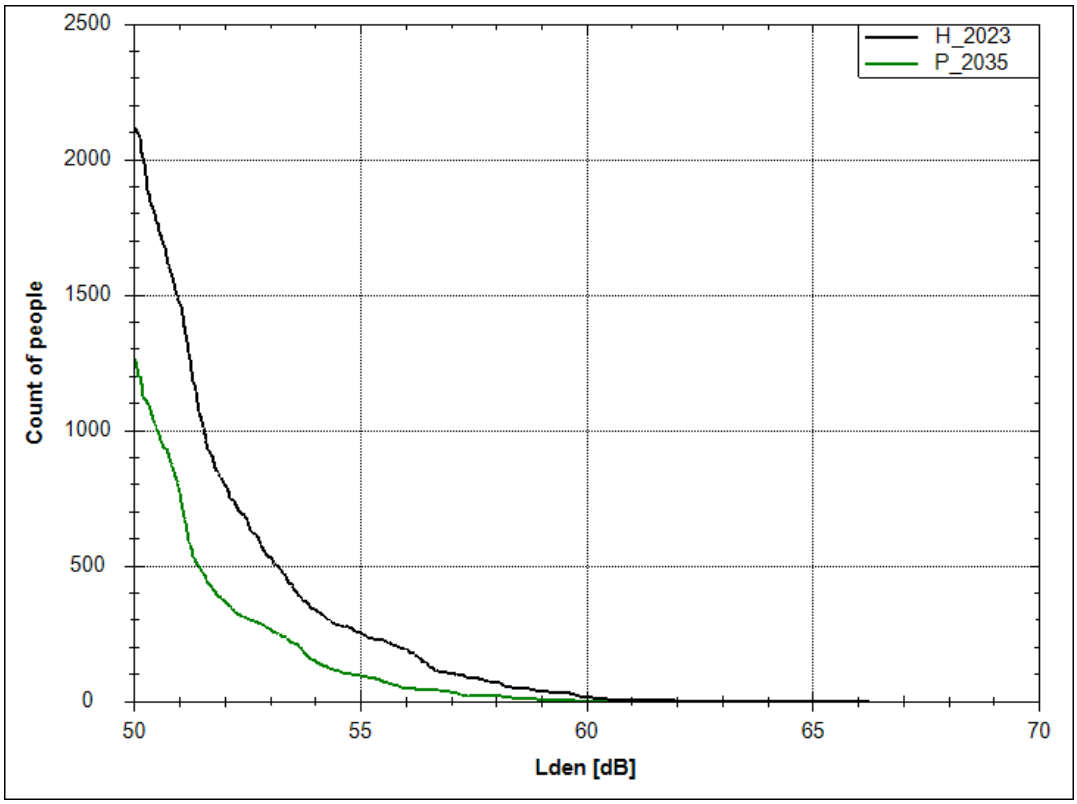
Strategisk støykartlegging gjennomføres i henhold til forurensningsforskriften, ref. [19], Del 2, kapittel 5, avsnitt III og vedlegg 2 til del 2.

Tabell 10-3. Antall bygninger og bosatte personer som funksjon av L_{den}-nivå for dagens situasjon (2023).

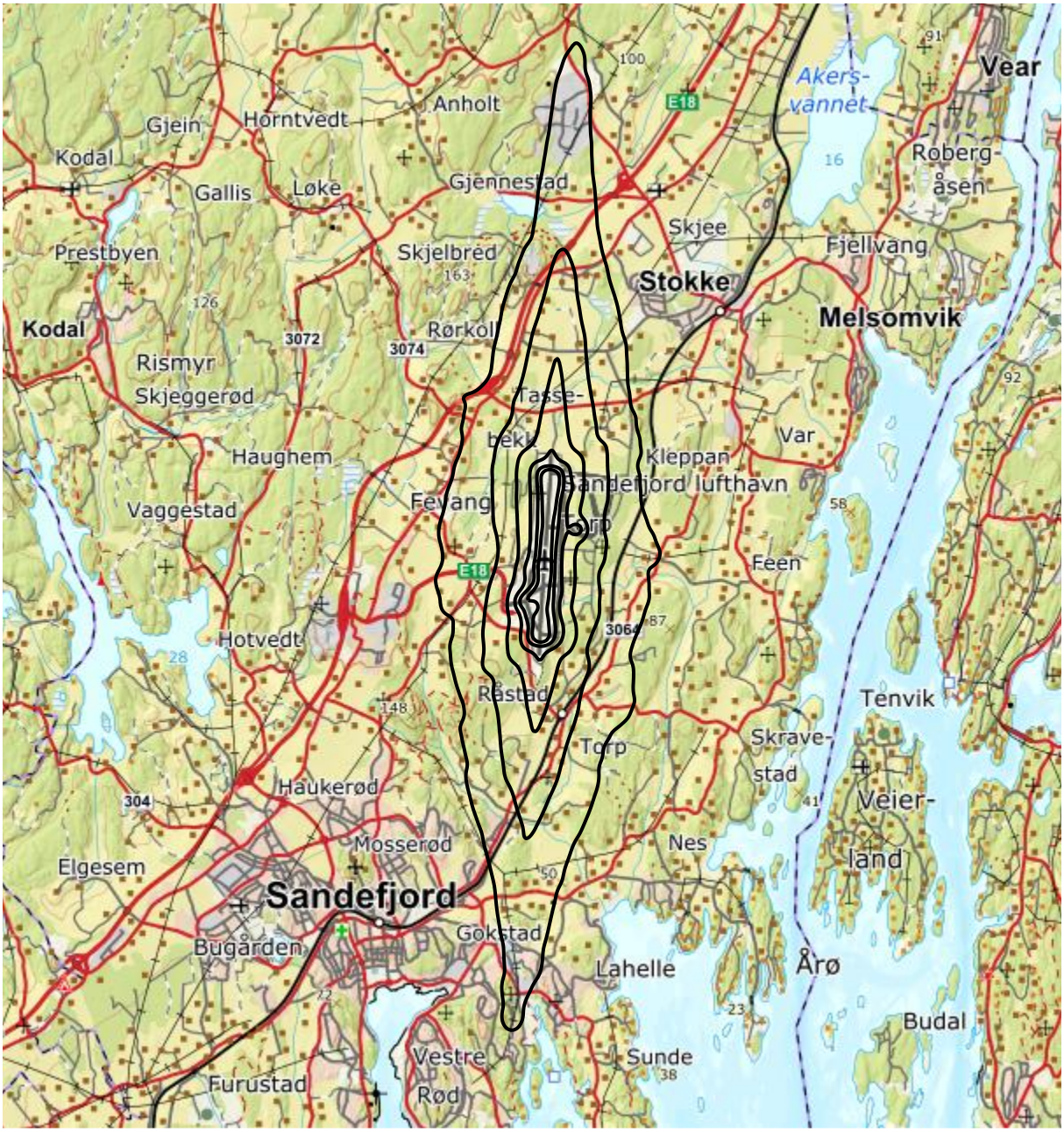
Nivå	Personer	Boliger	Skolebygninger	Sykehusbygninger	Fritidsboliger
55.0-60.0	238	91	0	2	2
60.0-65.0	14	7	0	0	0
65.0-70.0	0	2	0	0	0
70.0-75.0	0	0	0	0	0
75.0 ->	0	0	0	0	0

Tabell 10-4. Antall bygninger og bosatte personer som funksjon av L_{den}-nivå for prognosesituasjon (2035).

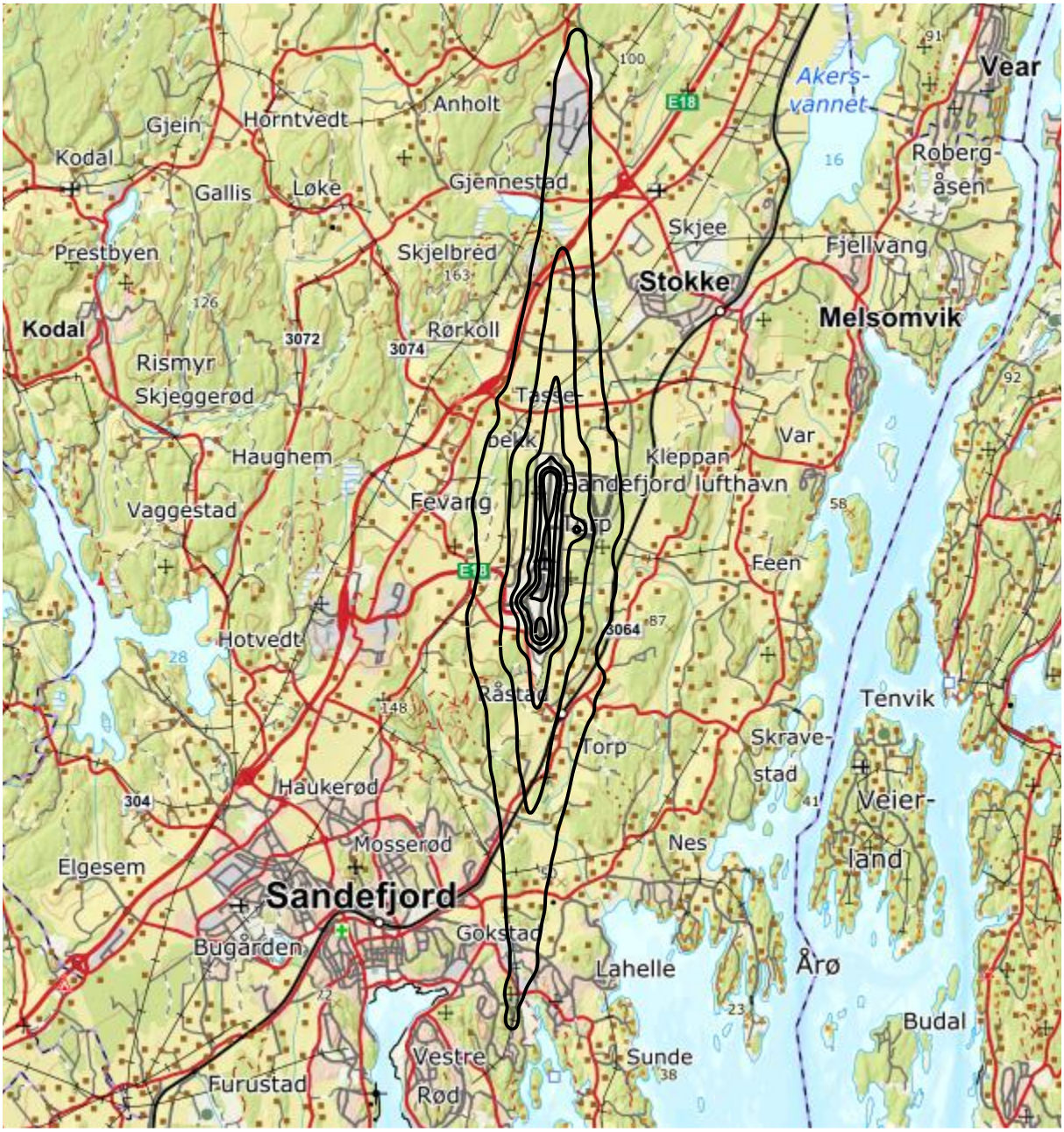
Nivå	Personer	Boliger	Skolebygninger	Sykehusbygninger	Fritidsboliger
55.0-60.0	91	36	0	2	0
60.0-65.0	2	4	0	0	0
65.0-70.0	0	0	0	0	0
70.0-75.0	0	0	0	0	0
75.0 ->	0	0	0	0	0



Figur 10-3. Kumulativ fordeling av antall personer utsatt for utendørs støy ved sin bolig uttrykt ved L_{den} for dagens situasjon (2023) og prognosesituasjon (2035).



Figur 10-4. L_{den} i 5 dB trinn fra 50 dBA for dagens situasjon (2023). M 1:100 000.



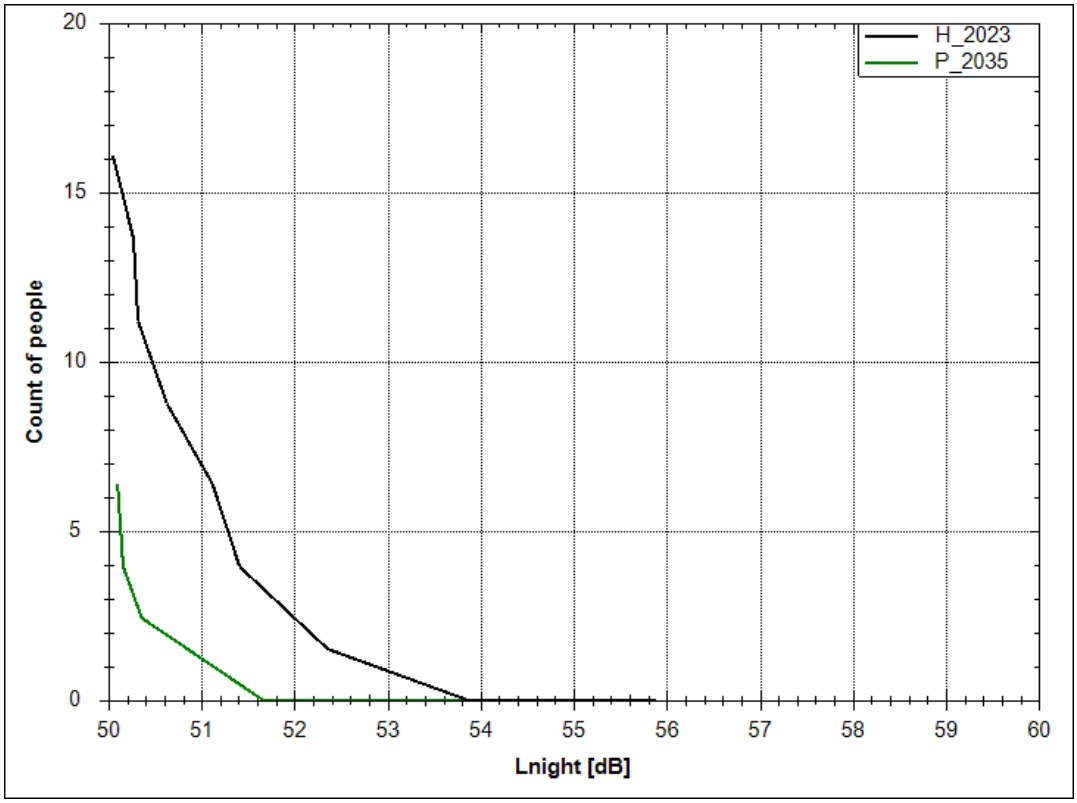
Figur 10-5. L_{den} i 5 dB trinn fra 50 dBA for prognosesituasjon (2035). M 1:100 000.

Tabell 10-5. Antall bygninger og bosatte personer som funksjon av L_{night}-nivå for dagens situasjon (2023).

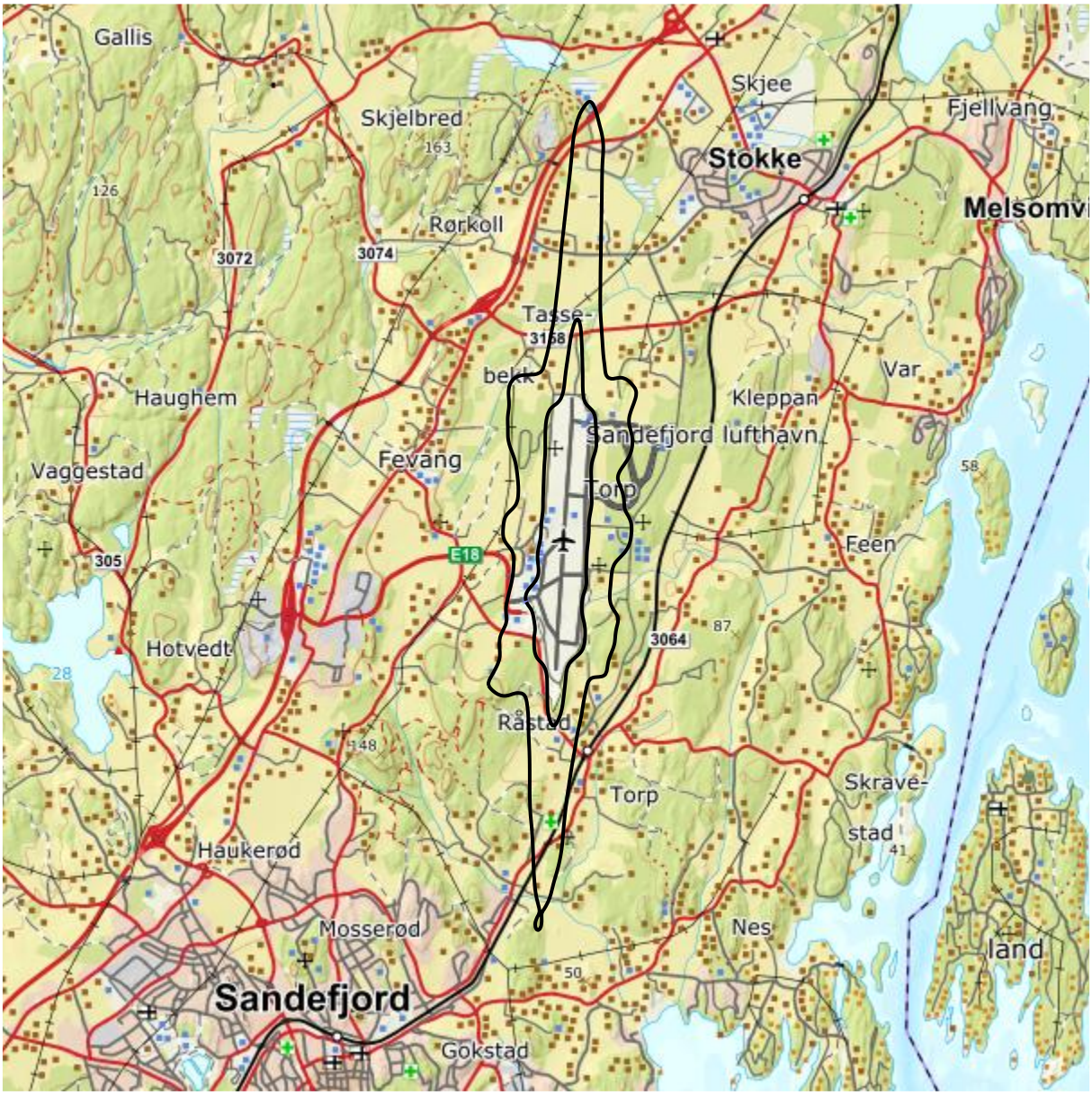
Nivå	Personer	Boliger	Skolebygninger	Sykehusbygninger	Fritidsboliger
50.0-55.0	16	8	0	0	0
55.0-60.0	0	2	0	0	0
60.0-65.0	0	0	0	0	0
65.0-70.0	0	0	0	0	0
70.0 ->	0	0	0	0	0

Tabell 10-6. Antall bygninger og bosatte personer som funksjon av L_{night}-nivå for prognosesituasjon (2035).

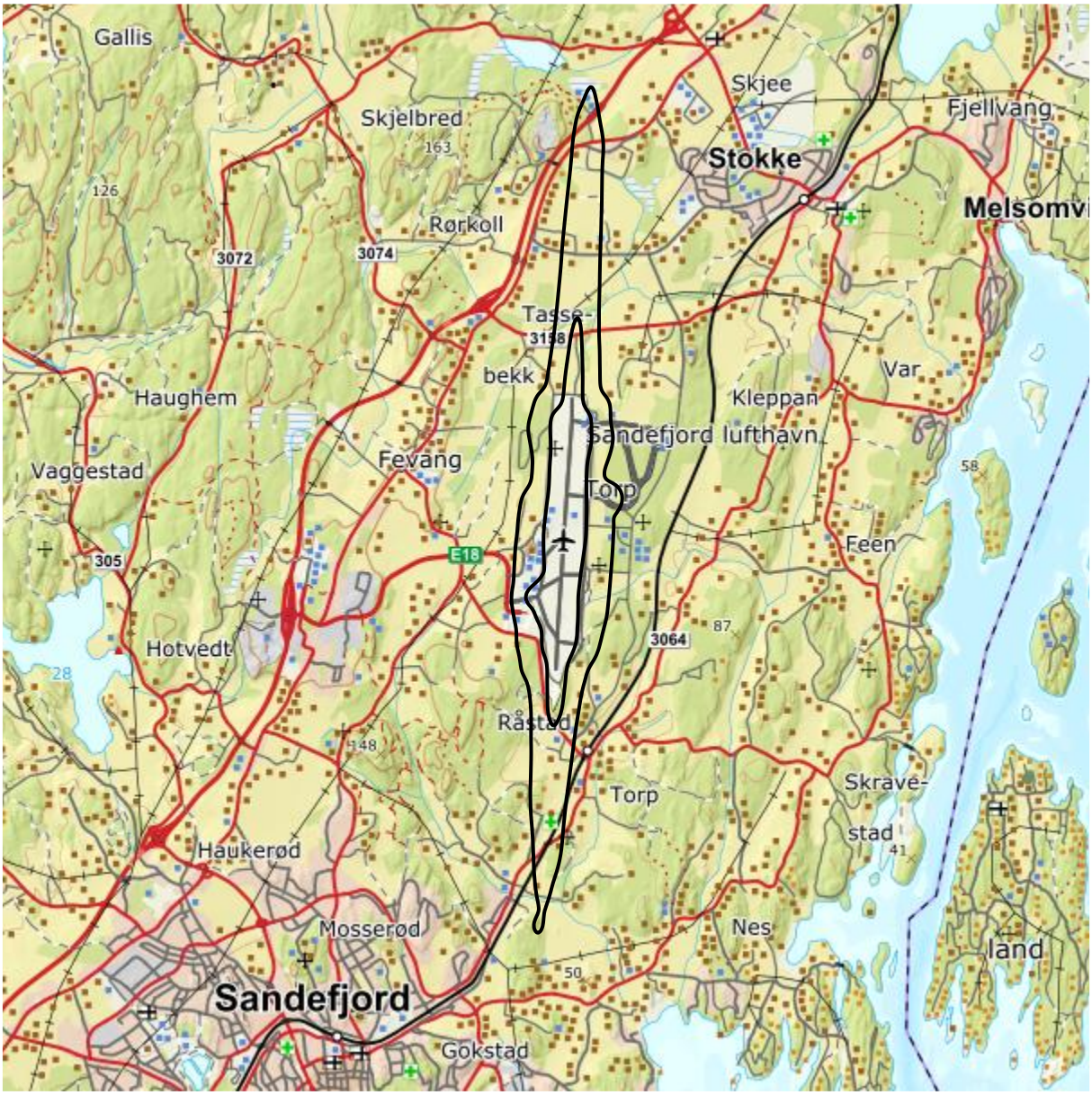
Nivå	Personer	Boliger	Skolebygninger	Sykehusbygninger	Fritidsboliger
50.0-55.0	6	6	0	0	0
55.0-60.0	0	0	0	0	0
60.0-65.0	0	0	0	0	0
65.0-70.0	0	0	0	0	0
70.0 ->	0	0	0	0	0



Figur 10-6. Kumulativ fordeling av antall personer utsatt for utendørs støy ved sin bolig uttrykt ved L_{night} for dagens situasjon (2023) og prognosesituasjon (2035).



Figur 10-7. L_{night} i 5 dB trinn fra 50 dBA for dagens situasjon (2023). M 1:75 000.



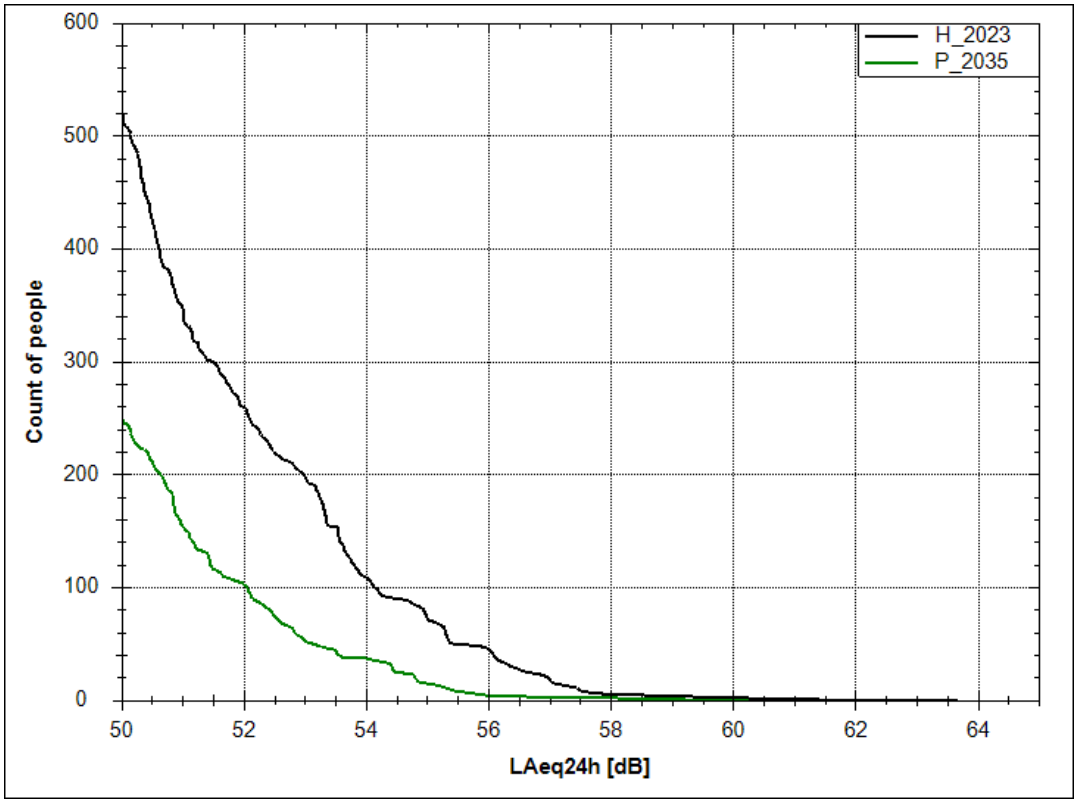
Figur 10-8. L_{night} i 5 dB trinn fra 50 dBA for prognosesituasjon (2035). M 1:75 000.

Tabell 10-7. Antall bygninger og bosatte personer som funksjon av L_{Aeq24h}-nivå for dagens situasjon (2023).

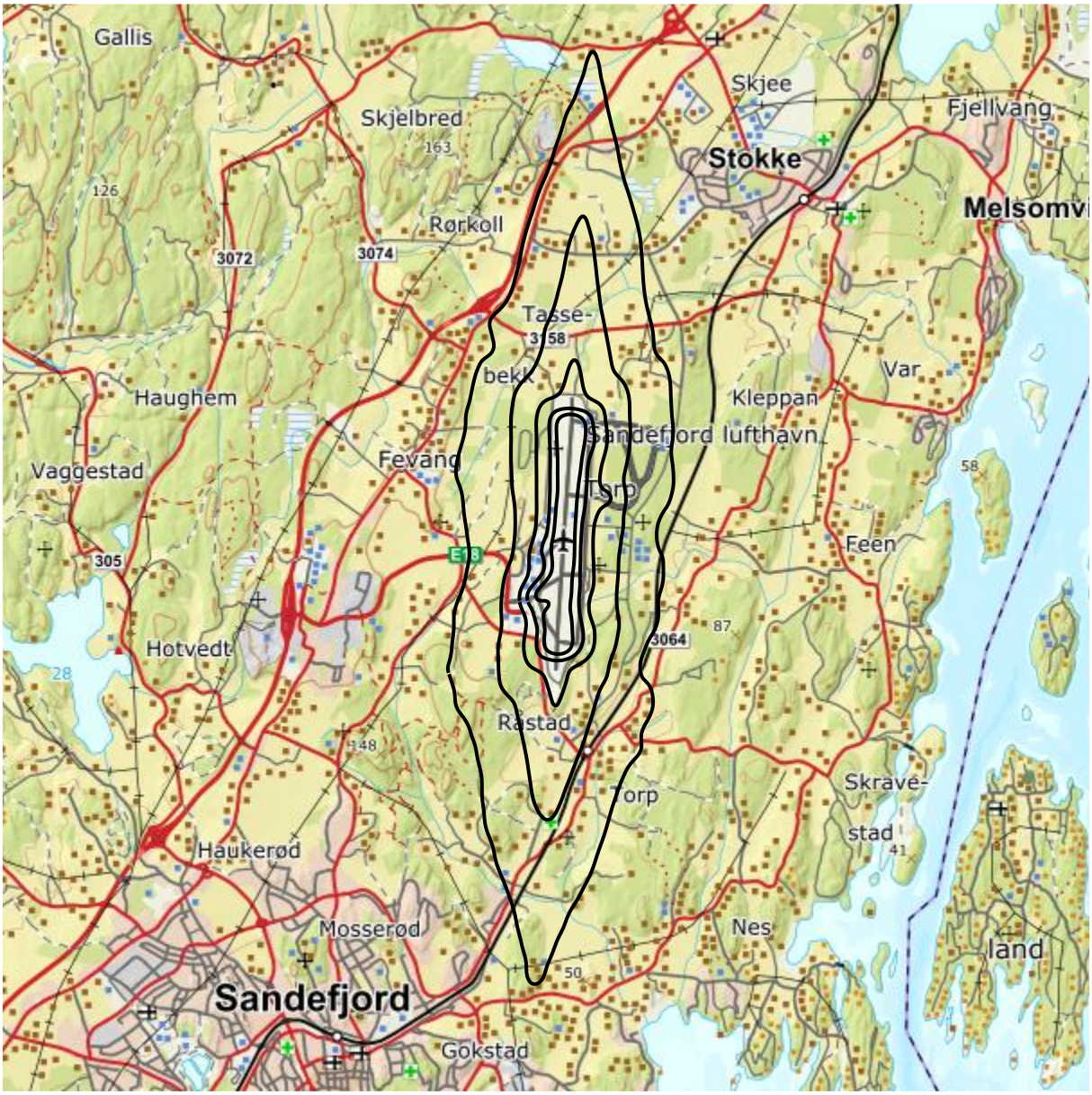
Nivå	Personer	Boliger	Skolebygninger	Sykehusbygninger	Fritidsboliger
50.0-55.0	450	178	2	1	15
55.0-60.0	70	28	0	1	0
60.0-65.0	2	4	0	0	0
65.0-70.0	0	0	0	0	0
70.0 ->	0	0	0	0	0

Tabell 10-8. Antall bygninger og bosatte personer som funksjon av L_{Aeq24h}-nivå for prognosesituasjon (2035).

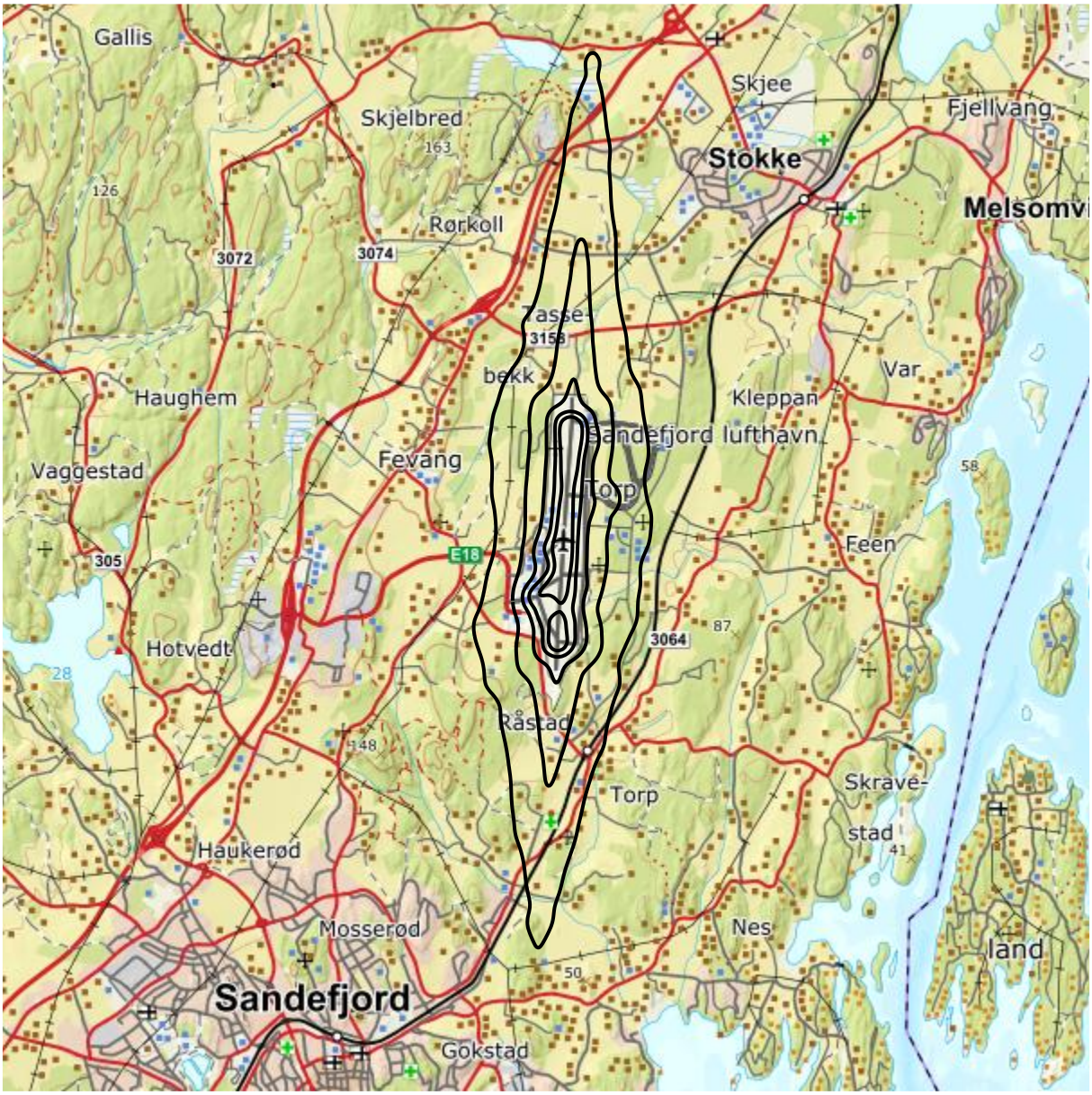
Nivå	Personer	Boliger	Skolebygninger	Sykehusbygninger	Fritidsboliger
50.0-55.0	235	89	0	2	3
55.0-60.0	14	7	0	0	0
60.0-65.0	0	2	0	0	0
65.0-70.0	0	0	0	0	0
70.0 ->	0	0	0	0	0



Figur 10-9. Kumulativ fordeling av antall personer utsatt for utendørs støy ved sin bolig uttrykt ved L_{Aeq24h} for dagens situasjon (2023) og prognosesituasjon (2035).



Figur 10-10. L_{Aeq24h} i 5 dB trinn fra 50 dBA for dagens situasjon (2023). M 1:75 000.



Figur 10-11. L_{Aeq24h} i 5 dB trinn fra 50 dBA for prognosesituasjon. M 1:75 000.

11 REFERANSER

[1] B. Griefahn, “Models to determine critical loads for nocturnal noise,” presented at the Noise as a public health problem: Proc 6th Int Congress, 1993, vol. 3, pp. 367–372.

[2] H. Miedema and C. Oudshoorn, “Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals.,” *Environmental health perspectives*, vol. 109, no. 4, pp. 409–416, 2001.

[3] T. Gjestland, I. Granoeien, and K. Liasjoe, “Response to noise around Værnes and Bodø airports,” *Unknown*, 1993.

[4] T. Gjestland, K. Liasjø, I. Granøien, and J. Fields, “Response to noise around Oslo airport Fornebu,” *ELAB-RUNIT Report STF40 A*, vol. 90189, 1990.

[5] F. B. Gelderblom, T. Gjestland, and I. L. N. Granøien, “Undersøkelse av støyplage ved norske flyplasser,” 2016.

[6] Klima- og miljødepartementet, “Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging, T-1442/2021,” p. 28.

[7] “M-128 oppdatert 14.08.2020 kun kildekapitler.” [Online]. Available: https://www.miljodirektoratet.no/sharepoint/downloaditem?id=01FM3LD2TCK7EQL6NJR5DZLUT6KCQP3VZW

[8] E. Directive, “Directive 2002/49/EC of the European parliament and the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise,” *Official Journal of the European Communities, L*, vol. 189, no. 18.07, p. 2002, 2002.

[9] H. Olsen, K. H. Liasjø, and I. L. N. Granøien, *Topography influence on aircraft noise propagation, as implemented in the Norwegian prediction model, NORTIM*, no. STF40-A95038. 1995.

[10] R. T. Randeberg, H. Olsen, and I. L. N. Granøien, “NORTIM version 3.3. User Interface Documentation,” 2007.

[11] I. L. Granøien, R. T. Randeberg, and H. Olsen, “CORRECTIVE MEASURES FOR THE AIRCRAFT NOISE MODELS NORTIM AND GMTIM: 1) DEVELOPMENT OF NEW ALGORITHMS FOR GROUND ATTENUATION AND ENGINE INSTALLATION EFFECTS. 2) NEW NOISE DATA FOR TWO AIRCRAFT FAMILIES,” *SINTEF Report STF40 A*, vol. 2065.

[12] B. Plovsing and J. Kragh, “Comprehensive outdoor sound propagation model,” *Nord2000 DELTA Report, Lyngby*, 2000.

[13] S. Storeheier, R. Randeberg, I. Granøien, H. Olsen, and A. Ustad, “Aircraft Noise Measurements at Gardermoen Airport, 2001. Part 1: Summary of results,” *SINTEF Report STF40 A*, vol. 2032.

[14] J. Koopmann, “Aviation Environmental Design Tool (AEDT) 2b User Guide. 2015,” *US Department of Transportation, Volpe National Transportation Systems Center: Washington DC, USA*.

[15] W. R. Lundberg, “BASEOPS Default Profiles for Transient Military Aircraft,” HARRY G ARMSTRONG AEROSPACE MEDICAL RESEARCH LAB WRIGHT-PATTERSON AFB OH, 1990.

[16] OSL, “Noise Measurements on EC 225 and S 92 helicopters for development of NPD-data,” Aug. 2015.

[17] AgustaWestland, “AW101-612 External Noise Data for NAWSARH Environmental Impact Studies.”

[18] Klima- og miljødepartementet, “Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften) - Forskrift FOR-2004-06-01-931 (Del 2, kapittel 5),” Jun. 2004. https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931

[19] A. Brekke, “NYE RETNINGSLINJER FOR FLYSTØY,” *KONSEKVENSER VEDRØRENDE STØYISOLERING AV BOLIGER I STØYSONE I OG II. Norges byggforskningsinstitutt rapport*, vol. 7939, 1998.

[20] A. Brekke, “ISOLERING MOT STØY FRÅ HELIKOPTER OG ULIKE FLYTYPER. ENTALLSVERDIER FOR STØYISOLERING FOR ULIKE BOLIGTYPER,” *Notat fra Brekke og Strand til OSL AS, Aku*, vol. 1.

[21] H. Olsen and R. T. Randeberg, “Beregning av flystøy - Metode for dominerende flytype,” SINTEF, 102022220–00002, Jan. 2020.