

Rapport

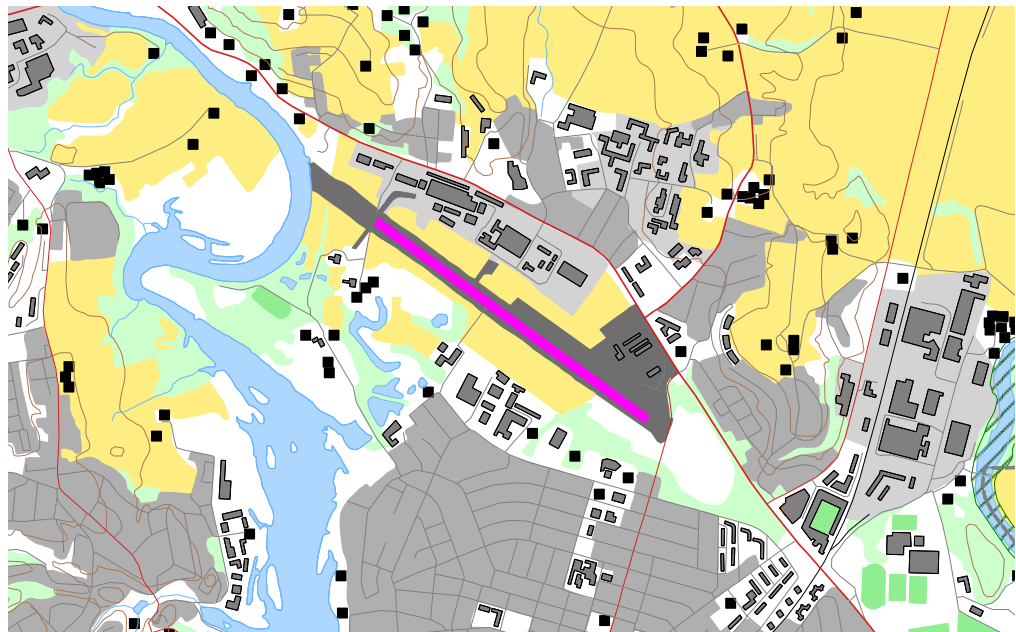
Flystøysoner på Kjeller flyplass

Støysoner etter T1442/2012

Forfatter(e)

Joakim Bustad

Idar L.N. Granøien



Rapport

Flystøysoner på Kjeller flyplass

Støysoner etter T1442/2012

EMNEORD:

Flystøy; Beregninger;
Akustikk

RAPPORTNR

SINTEF A28133

VERSJON

1.0

DATO

2017-03-30

FORFATTER(E)

Joakim Bustad
Idar L.N. Granøien

OPPDRAGSGIVER(E)

Kjeller Aero Senter AS

OPPDRAGSGIVERS REF.

Torkell Sætervadet

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

37

GRADERING

Unrestricted

GRADERING DENNE SIDE

Unrestricted

ISBN

978-82-14-06159-8

SAMMENDRAG

Det er utarbeidet flystøysonekart for Kjeller flyplass etter Klima- og miljødepartementets retningslinje T-1442/2012 og forurensingsforskriften, basert på registrert trafikk i 2003 justert til tre beregnede årsaktivitetsnivå.

Beregning av støy er utført med NORTIM versjon 4.5 som tar hensyn til topografi ved beregning av lydutbredelse.

Beregningene viser at det er ingen boliger innenfor tentativ tiltaksgrense for de tre beregnede situasjonene. For situasjon C er det 13 boliger, en skole og en helseinstitusjon som ligger innenfor kartleggingsgrensen.

**UTARBEIDET AV**

Joakim Bustad

KONTROLLERT AV

Herold Olsen

GODKJENT AV

Odd Pettersen

Dokumentet har gjennomgått SINTEFs godkjenningsprosedyre og er sikret digitalt

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2017-03-30	Sluttrapport

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	5
2	GENERELT OM FLYSTØY	6
2.1	Akustiske størrrelser	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 støysonkart og implementering i kommunale planer	10
3.2.3	Kartlegging av stille områder	10
3.3	Beregningsmetode.....	10
3.3.1	Dimensjonering av trafikkgrunnet.....	11
3.3.2	Beregningsprogrammet NORTIM.....	11
4	KARTLEGGING I HENHOLD TIL FORSKRIFT TIL FORURENSNINGSLOVEN	12
4.1	Innendørs støy	12
4.1.1	Beregning med normtall for fasadedempning	12
4.1.2	Beregning med frekvensspekter	12
4.2	Strategisk støykartlegging.....	13
5	OMGIVELSER	14
5.1	Digitalt kartgrunnlag	14
6	FLYAKTIVITETEN VED KJELLER FLYPLASS	15
6.1	Flytyper i bruk i 2003	15
6.2	Flytyper i bruk i dag	15
6.3	Kildedata for fly.....	16
6.4	Oppsummering av flydata	16
6.5	Skalering av trafikken	16
7	FLYGEPROSEDYRER	17
7.1	Flygeprosedyrer	17
7.2	Flytraséer	17
8	BEREGNINGSPARAMETRE	20

8.1	Beregningsenheter	20
8.2	Beregning i enkeltpunkt.....	20
8.3	NORTIM beregningskontroll	20
9	RESULTATER RELATERT TIL RETNINGSLINJE T-1442	21
9.1	Støysonekart for situasjon A.....	21
9.2	Støysonekart for situasjon B.....	22
9.3	Støysonekart for situasjon C.....	23
9.4	Støysonekart for verste-tilfelle.....	24
9.5	Kartlegging av stille soner.....	25
10	RESULTATER RELATERT TIL FORURENSINGSFORSKRIFTEN	27
10.1	Kartlegging av innendørs støynivå.....	27
10.2	Kartlegging av utendørs støynivå	30
11	REFERANSER	36

BILAG/VEDLEGG

1 INNLEDNING

Kjeller Aero Senter AS har gitt SINTEF i oppdrag å foreta en støyberegning for Kjeller flyplass for tre scenarier. Denne kartleggingen tar utgangspunkt i siste kartleggingen av støyen, som ble utført av SINTEF i 2003 [1].

Grunnlaget for beregningene er loggført trafikk for mai-juli 2003.

Kontaktperson hos Kjeller Aero Senter AS har vært Torkell Sætervadet. Prosjektet er utført ved SINTEF Digital med Rolf Tore Randeberg som prosjektleder, og Joakim Bustad som prosjektmedarbeider. Prosjektansvarlig i SINTEF Digital har vært Odd Pettersen.

Beregningene for Kjeller flyplass er gjennomført med beregningsprogrammet NORTIM, versjon 4.5.

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.

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

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-veiting 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.

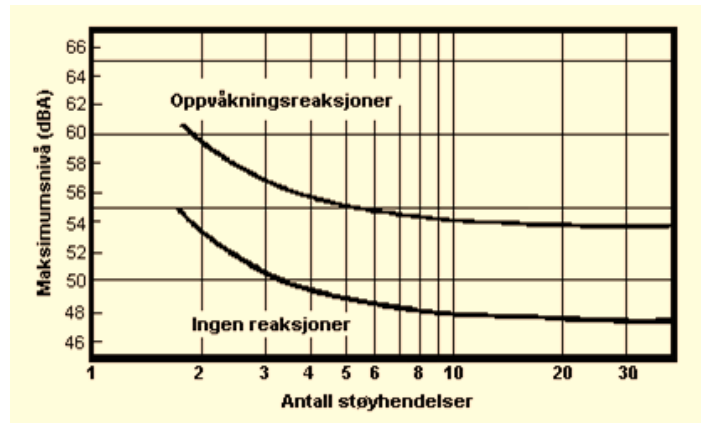
De to viktigste typer ulemper forbundet med flystøy er forstyrrelse av søvn eller hvile og generell irritasjon eller plage. Det er viktig å merke seg at fare for hørselsskader med få unntak begrenser seg til de personer som jobber nær flyene på bakken.

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. [2, 3]. Det er **ikke** samme enighet på hvorvidt **endring av søvnstadium** (søvn dybde) 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.



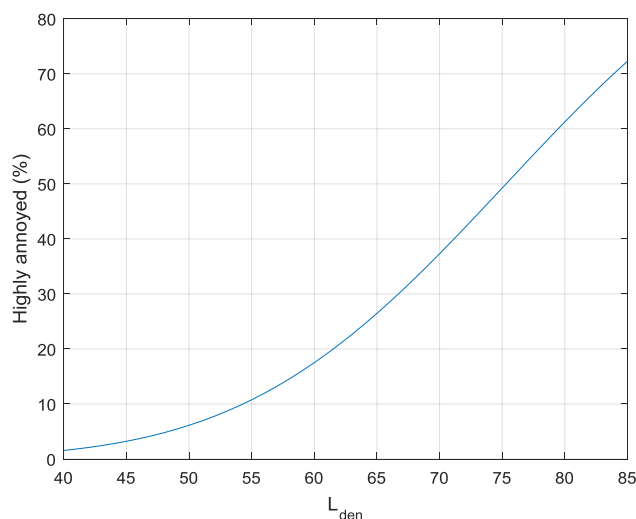
Figur 2-1. 10 % sannsynlighet for vekking resp. søvnstadiumsendring. Sammenheng mellom maksimum innendørs støynivå og antall hendelser [2].

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 *ulempen* 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, ref. [3]. 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. Den følgende figuren viser andel sterkt plaget som funksjon av L_{den} slik den er sammenfattet i [3].



Figur 2-2. Middelkurve for prosentvis antall personer sterkt plaget av flystøy som funksjon av ekvivalent støynivå utendørs [3].

Undersøkelsene rundt 1990 i Norge [4, 5] ble foretatt rundt Fornebu, Bodø og Værnes og inngår som en del av bakgrunns materialet i undersøkelsen til Miedema og Oudshorn. Resultatene herfra skiller seg ikke vesentlig ut fra middelkurven.

Senere undersøkelser i Norge [6] 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

Miljøverndepartementet ga i juli 2012 ut retningslinje T-1442/2012 for behandling av støy fra forskjellige støykilder [7], som en videreføring av T-1442 fra 2005. 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-1442/2012 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 [7] 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 prosent, vil man derfor ikke uten videre vite hvor mange hendelser dette representerer.

Retningslinje T-1442/2012 definerer ikke begrepet "hendelse". Det betyr at det ikke er gitt hvor mye støy som skal til for at man skal inkludere noe som en hendelse. I veilederen til T-1442/2012 [8] er det angitt at L_{5AS} beregnes som MFN_{23-07} .

3.2 Støysoner til arealplanlegging

T-1442/2012 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 friluftsinnteresser*. 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 den følgende tabell. 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.

Det skal utarbeides støysonekart for dagens situasjon og aktivitetsnivå 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 skal 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**, nærmest støykilden, angir et område som ikke er egnet til støyfølsomme bruksformål, og etablering av ny støyfølsom bebyggelse skal unngås.
- **gul sone** er en vurderingssone, hvor støyfølsom bebyggelse kan oppføres dersom avbøtende tiltak gir 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 som grønne soner. I tettbebyggelse defineres stille områder som eksempelvis parker, kirkegårder, skog som har et støynivå som er under L_{den} på 50 dBA. Utenfor tettbebygde strøk settes nivågrensen til 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-1442/2012 legger seg opp til reglene fra EU direktiv 2002/49/EC [9] 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 [10, 11] 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_{23-07} (som erstatning for L_{5AS}). Andre støymål som beregnes er blant annet ekvivalentnivået, L_{Aeq} , for hvert døgnsegment i det dimensjonerende middeldøgn. Beregningsresultatene fremkommer som støykurver (sonegrenser) som kan tegnes i ønsket målestokk eller i tabellariske oversikter. Alle resultatene leveres på SOSI filformat.

NORTIM programmene ble i 2002 endret ved at nye algoritmer for beregning av bakkedemping og direktivitet [12] ble tatt i bruk. Årsaken var at den moderne flyparken har andre karakteristika enn de 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 [13], mens direktivitet er basert på måleserier på Gardermoen i 2001 [14] 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 [12].

Beregningsprogrammet inneholder en database for over 300 ulike flytyper. Databasen er importert fra internasjonalt tilgjengelige kilder, i hovedsak fra USA, AEDT [15] og NOISEMAP [16] og med korrigerede støydata for to flyfamilier [12]. I tillegg benyttes data fra målinger foretatt av OSL for de to mest benyttede offshore helikoptre [17] og data fra fabrikken for det nye redningshelikopteret [18].

Ved bruk av en liste over substitutter for flytyper som ikke inngår i databasen, kan det beregnes støy fra omlag 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 senest revidert i 2004 [19].

4.1 Innendørs støy

Forurensningsforskriften fastsetter grenseverdier som skal utløse kartlegging og utredning av tiltak mot støy. Kartleggingsgrensen er satt til døgnkvivalent 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 Byggforskningsinstitutt's utredning om fasadeisolasjon [20], som er revidert av Brekke og Strand [21], 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. Ut fra dette gjelder følgende grenseverdier for beregnet utendørs døgnkvivalent nivå ($L_{Aeq,24h}$):

Tabell 4-1. Kartleggingsgrenser i henhold til forurensningsloven.

Flyplasstype	Støymessig dominerende flytype	Minimum fasadeisolasjon i vanlig bebyggelse	Kartleggingsgrense relativt til frittfeltsnivå
Regionale flyplasser	Propellfly	19 dBA	54 dBA (35+19)
Stamruteplasser / militære flyplasser	Jagerfly	25 dBA	60 dBA (35+25)
Stamruteplasser	Støysvake jetfly	27 dBA	62 dBA (35+27)

Beregninger foretatt for offshore helikopter i den reviderte rapporten [21] viser tilsvarende fasadeisolasjon på minimum 23 dBA for bygningstyper oppført etter 1970. Målinger utført på bygninger rundt de to største offshorebasene har således vist eksempler på at fasadeisolasjon mot denne typen trafikk kan ligge i størrelsesorden 26 dBA [22].

Tiltak på bygninger skal gjøres dersom innendørs støynivå overstiger 42 dBA døgnkvivalent nivå. En tentativ tiltaksgrense vil derfor ligge 7 dB over den kartleggingsgrense som for hvert tilfelle framkommer av tabellen over.

4.1.2 Beregning med frekvensspekter

I enkelte tilfeller med blandet trafikk med ulikt frekvensinnhold kan metoden beskrevet i forrige avsnitt være noe upresis. Det er derfor utviklet en forbedret metode hvor det beregnes et anslag av *innendørs støynivå*, som kan sammenholdes direkte med kartleggingsgrensene og den tentative tiltaksgrensen. Metoden tar hensyn til frekvensinnholdet i hver enkelt flygning. Effektene av kunstige og naturlige skjærmer beregnes for hver enkelt frekvens. Ved beregning av innendørs nivå benyttes to ulike reduksjonsspekter for fasaden, for Hustype II og IV i ref. [21]. Førstnevnte representerer hus bygget rundt 1970-1980 med isolert tak og kaldt loft, og benyttes i de aller fleste tilfeller. Hustype IV representerer boligblokker, og benyttes for bygningstyper hvor vegger typisk er murt eller støpt. På grunn av disse forenklingene vil det beregnede

innendørsnivået *ikke* kunne erstatte en faglig utredning som tar hensyn til den aktuelle bygningskonstruksjonen i hvert enkelt tilfelle.

4.2 Strategisk støykartlegging

Strategisk støykartlegging gjennomføres for å tilfredsstille EU direktiv 2002/49/EC, 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 støy nivå 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

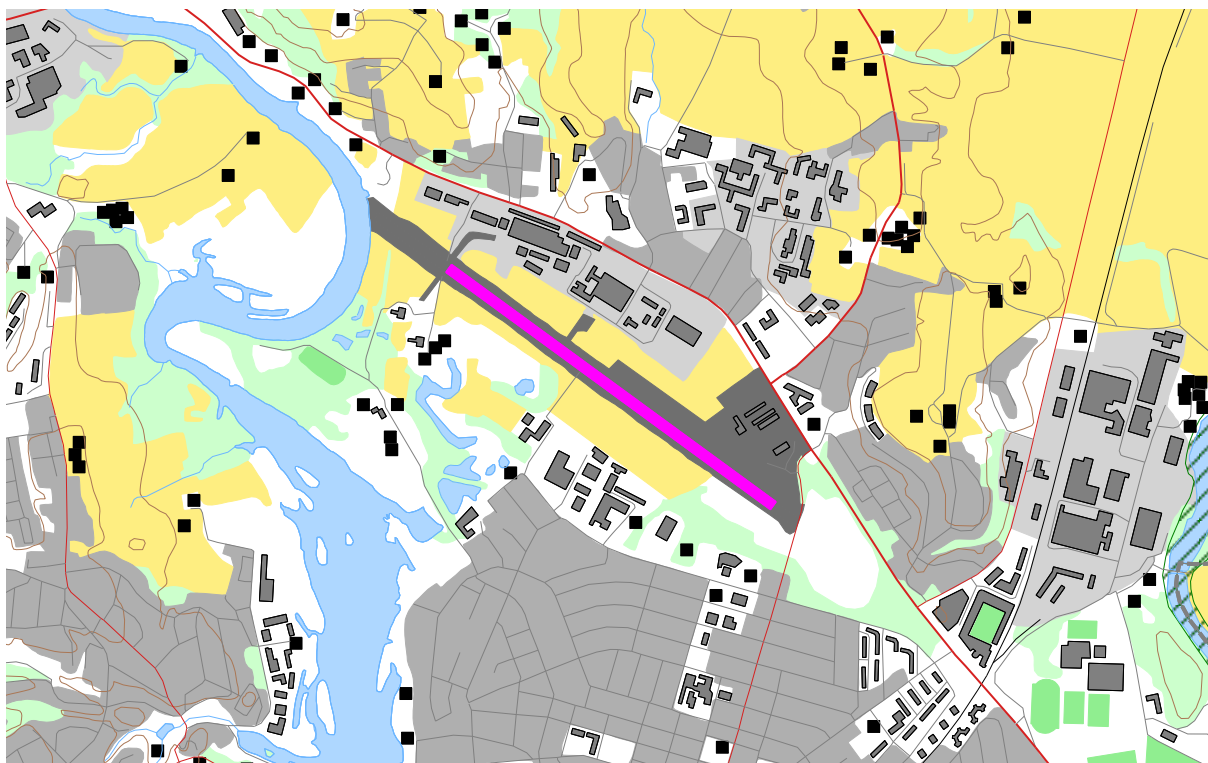
5.1 Digitalt kartgrunnlag

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 rullebanene 12 og 30 definerte som vist i Tabell 5-1:

Tabell 5-1 Posisjon til rullebaner.

RWY	FromEast	FromNorth	ToEast	ToNorth	Length
12	278492	6654976	279565	6654191	1330
30	279565	6654191	278492	6654976	1330



Figur 5-1. Kjeller flyplass med omgivelser. Rullebanen (terskel til terskel) er markert rosa. M 1:25 000.

6 FLYAKTIVITETEN VED KJELLER FLYPLASS

I følge retningslinje T-1442 skal det benyttes trafikk for et helt år som grunnlag for beregningen av støysoner. I dette tilfellet har SINTEF tatt utgangspunkt i den samme rapporterte trafikkmengden som ligger til grunn for rapporten fra 2003 [1], det vil si statistikk for mai-juli 2003. Videre er det lagt inn plan-data for de tre nye støysvake flytypene Diamond DA40 NG, Aquila AT-01 og Tecnam P2002 JF.

Trafikkgrunnlaget er skalert til å møte de tre analysesituasjonene:

- støynivået ved 10 000 bevegelser og støynivå ved tidligere benyttet modell for støy fra flåten
- støynivået ved 10 000 bevegelser der man forutsetter en 50/50 «miks» av luftfartøy med «tradisjonelt» støynivå, jf. punkt a, og det «moderne» støynivået, jf. oversikten over dagens treningsflåte nedenfor
- støynivået ved 15 000 bevegelser der man i tillegg til bevegelsene omtalt i punkt b også tar med 5 000 bevegelser som utelukkende dekkes av luftfartøy med det «moderne» støynivået

Flyparken på Kjeller består for en stor del av klubb- og privatfly. Det meste er en-motors propellfly, men det finnes også en-motors jetfly (Vampire) og to-motors propellfly. I tillegg er et kommersielt helikopterselskap stasjonert på flyplassen. Totalt antall fly og helikopter er omlag 80 inkludert fly med midlertidig opphold.

6.1 Flytyper i bruk i 2003

I den håndskrevne loggen er det funnet 243 forskjellige registreringsnummer på fly som har trafikkert plassen iden angjeldende perioden. Mellom 5 og 10 % av oppføringene skyldes utydelig håndskrift eller feil punching.

Registreringsnummer er sammenholdt med det norske luftfartøyregisteret, ref [24] for å finne hvilken flytype det er, delvis sammenholdt med liste over fly stasjonert ved flyplassen, ref [25]. Denne listen er også supplert med merknad for hvilke fly hvor tilbud om støydemping er benyttet. Det er i alt 16 fly stasjonert på Kjeller som har gjennomgått tiltak for å dempe støyen. Tiltakene har grovt sett bestått av montasje av en mindre støyende propell samt eksospotte.

Støydatabasen for NORTIM inneholder begrensede data for småfly. Der er spesifikke data for bare noen få flytyper i denne kategorien (Cessna 172, Cessna 206, Beech 58). For de øvrige benyttes 2 substitutter (General Aviation Single Engine Pitch Fixed – GASEPF og GASEPV – variabel pitch) som representerer et gjennomsnitt av flyflåten for denne typen fly. De registrerte flytyper legges derfor til den gruppe som de tilhører. Det etableres to nye tilsvarende grupper for de som er støydempet (GASEFH og GASEVH). Veteranflyet Vampire finnes ikke i databasen og modelleres som en Alphajet (som i databasen igjen henter data for en FAL20).

Helikoptrene som er registrert samles i to grupper, R44 og LHEL, som er en samlebetegnelse for lette helikoptre. Begge disse gruppene modelleres med data for Bo 105.

6.2 Flytyper i bruk i dag

De luftfartøyene som nå brukes i motorflyskole på Kjeller og som eventuelt vil bli tillatt brukt til landingstrening på Kjeller dersom taket heves fra 10.000 til 15.000 årlige bevegelser er som følger:

- Diamond DA40 NG (1310 kg, EASA noise record C12122): 71.4 dB(A)
- Aquila AT-01 (750 kg, EASA noise record C2340): 64.6 dB(A)
- Tecnam P2002 JF (620 kg, EASA noise record C10865): 65.7 dB(A)

6.3 Kildedata for fly

NORTIM databasen inneholder støydata for de aktuelle flytyper unntatt for de som er støydempet. Data for disse hentes fra målinger utført av SINTEF i forbindelse med en undersøkelse ved Fagerhaug flyplass i Oppdal, se ref [27]. Flytypene som var støydempet her var en PA-28-180 (GASEFH) og en Cessna 180 N (GASEVH).

I tillegg er det laget egne grupper for de tre flyene Diamond DA40 NG, Aquila AT-01 og Tecnam P2002 JF.

6.4 Oppsummering av flydata

Tabell 6-1 og

Tabell 6-2 viser hvilke flytyper som det modelleres med og hvor mange bevegelser det er på hver av dem i beregningsgrunnlaget.

Tabell 6-1. Flytyper fra 2003 som modelleres og totalt antall operasjoner i 3 måneders perioden.

NewACtyp	Operasjoner
BEC58P	12
CNA172	330
CNA206	62
FAL20	6
GASEPF	1414
GASEPV	429
GASEFH	1842
GASEVH	28
LHEL	35
R44	241

Tabell 6-2. Nye flytyper som modelleres og antall operasjoner brukt i beregningene.

NewACtyp	Operasjoner
DA40	600
AT-01	2800
P2002	600

6.5 Skalering av trafikken

Tabell 6-3 viser skalering av trafikkgrunnlaget fra sommeren 2003 og beregningstall fra de nye flytypene.

Tabell 6-3 Skalering av trafikken

	Trafikkgrunnlag fra 2003	Beregningstall for de nye flytypene	Sum operasjoner
Registrerte operasjoner	4399	4000	-
Skalering A	faktor 2,27	faktor 0	9 986
Skalering B	faktor 1,14	faktor 1,25	10 015
Skalering C	faktor 1,14	faktor 2,5	15 015

7 FLYGEPROSEDYRER

Loggen som ligger til grunn for denne undersøkelsen angir ikke destinasjoner, verken hvor avgående fly skal eller innkommende kommer fra (destinasjon 'ukjent'). Det legges i stedet inn en fordeling av trafikken i de retninger som er aktuelle utfra opplysninger fra operatører og oppdragsgiver. Fordelingen er for denne beregningen satt lik fordelingen som ble brukt i 2003, til tross for at AIP er oppdatert til fem sjekkpunkter i stedet for fire.

I mange tilfeller er Kjeller både start- og stoppested for flyvningen. Skolevirksomheten har ofte Rygge som destinasjon, fordi treningsrunder flys der.

7.1 Flygeprosedyrer

De fire sjekkpunktene for visuell flyging til og fra flyplassen som ligger til grunn for beregningene er, Nittedal i nordvest, Lutvann i sørvest, Flateby i sørøst og Sørumsund i nordøst. Til og fra hvert av disse sjekkpunktene etableres det prosedyrer for begge baneretninger. I fordelingen av trafikk på sjekkpunktene er det lagt til grunn at for småflyene går 40% av trafikken på hver av de to i sørlig retning og 10% i hver av de to i nordlig retning. Alle prosedyrer er visuelle prosedyrer og det flys bare i dagslys (sol inntil 6° under horisont).

Landingsrunder flys normalt bare ved solo utsjekk av nye piloter og det flys en og en runde med full stopp. Forekomsten av dette er oppgitt til å være i størrelsesorden 30 ganger per år og det flys normalt 3 runder ved hver slik utsjekk. Denne type operasjoner er mulig å detektere i loggen (flere bevegelser på hverandre med samme flytype innenfor samme time) og det legges derfor inn prosedyrer for slik aktivitet.

Loggen angir ikke hvilken rullebane som er benyttet til den enkelte operasjon. Til fordeling av trafikken er det lagt til grunn at bane 30 prefereres for avgang og benyttes ved stille vind og en medvind på 3 – 4 knop. For landing er det alltid vinden som styrer banebruk, dvs. at det alltid landes mot vinden. Ved stille vær forutsettes en 50/50 fordeling på banebruk for landing.

Denne beregningen legger til grunn samme fordeling mellom rullebanene som rapporten fra 2003, dvs. at avgang på 30 foregår i 71% av tilfellene og landing på 30 foregår i 45% av tilfellene.

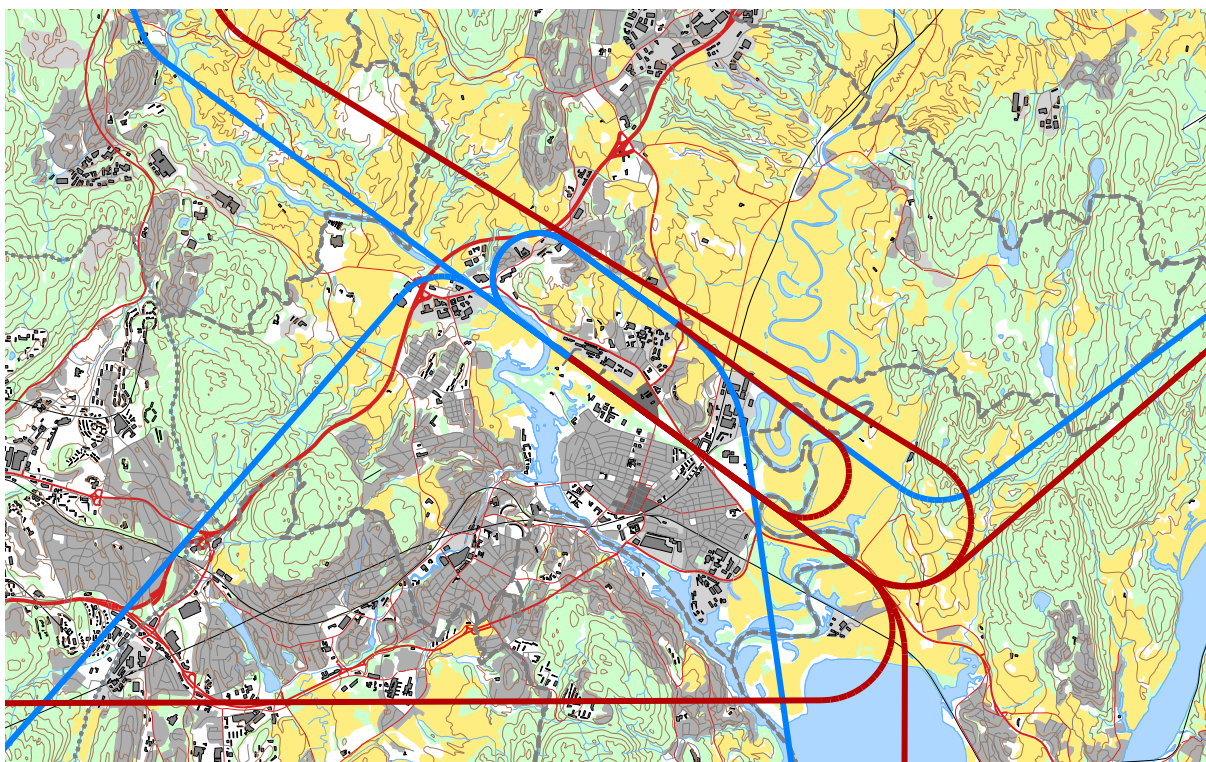
7.2 Flytraséer

Denne beregningen legger til grunn samme konstruksjon av flytraséer som i 2003. Traséene er basert på opplysninger fra AIP og Jeppesen, kombinert med data for klatreevne fra databasen og opplysninger fra Kjeller Aero Senter og Helikopterdrift AS.

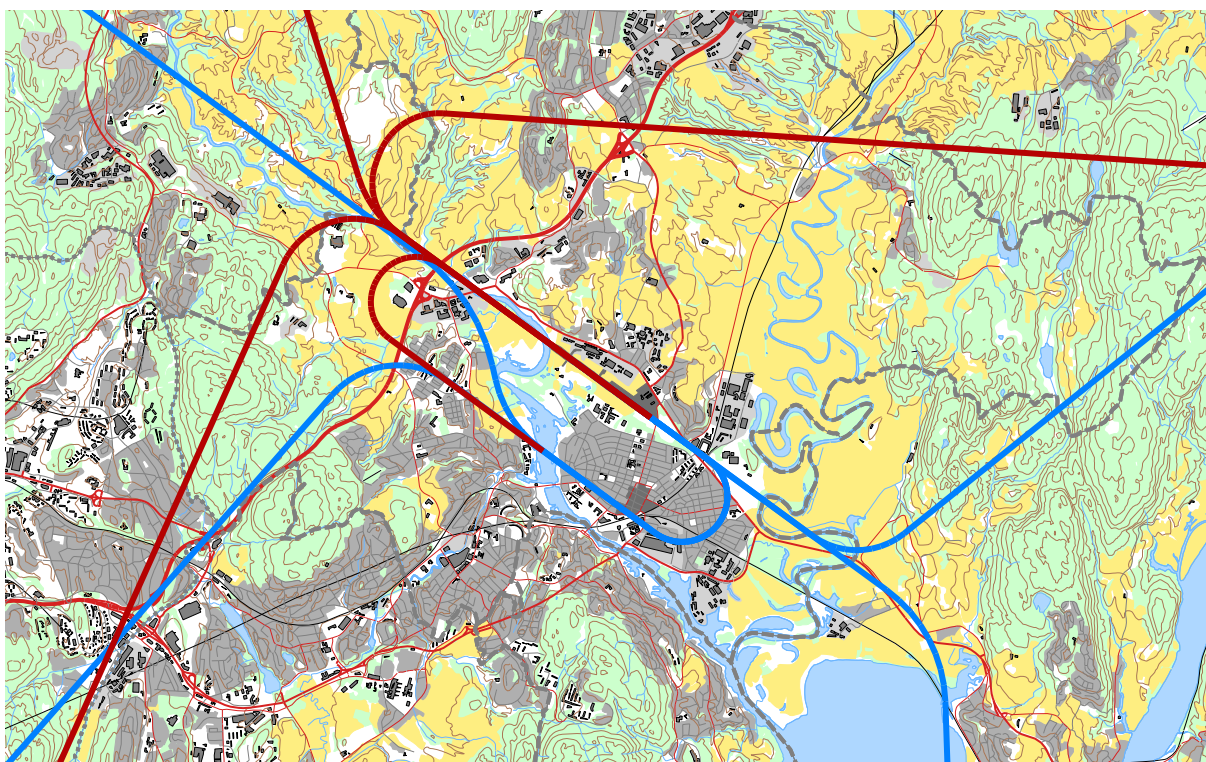
Innflyging foregår fra fire sjekkpunkter, Nittedal, Sørumsund, Lutvann og Flateby. Utflyging foregår også via de samme sjekkpunkter. Det etableres traséer til og fra disse punkter for både rullebane 12 og 30.

Ved utflyging sier prosedyrene at det bør flys rett frem til oppnådd høyde på 2000 fot over havnivå (AMSL). For helikopter er det beregnet at denne høyden oppnås etter 2.2 km (1.2 NM) etter avgang. For flyparken er det ifølge databasen variasjon på utfløyet distanse (fra "brake release") til oppnådd høyde på fra 5 – 7 km (2.7 – 3.8 NM) for de flytyper som finnes i databasen. De fleste flyene bruker av den lengre distanse. Svingepunkt for fly er derfor satt til 6.5 km (3.5 NM). Ifølge Kjeller Aero Senter er det imidlertid vanlig å bruke faste punkter i terrenget ved initiering av sving. Disse ligger ca. 2 NM fra midten av banen i begge retninger. Koordinater for disse punktene er benyttet ved konstruksjon for både helikopter og fly. Ved solo utsjekk er det antatt at det svinges før oppnådd 2000 fot.

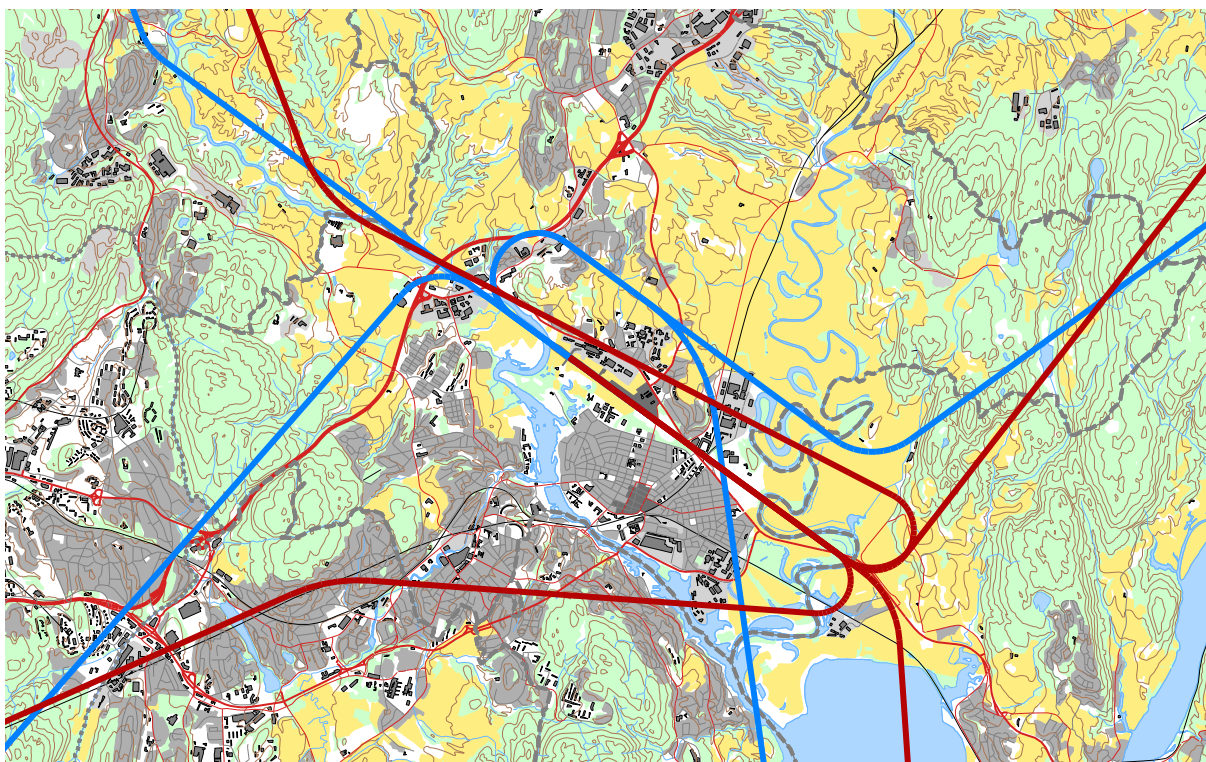
De samme traséene ligger også til grunn for de nye flyene som det er gjort beregninger for. De følgende figurene viser avgangs- og landingstraséer.



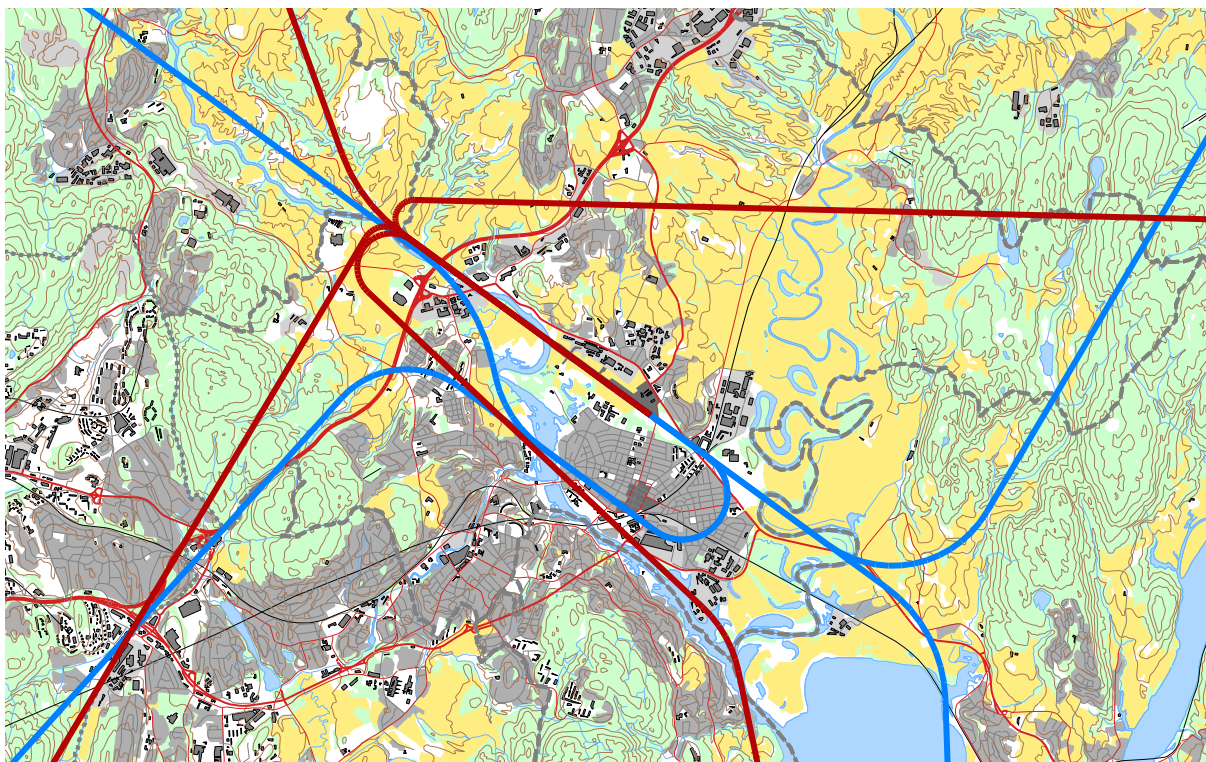
Figur 7-1 Traséer for landing (blå streker) og avgang (røde streker) på bane 12 med fly. M 1:100 000.



Figur 7-2 Traséer for landing (blå streker) og avgang (røde streker) på bane 30 med fly. M 1:100 000.



Figur 7-3 Traséer for landing (blå streker) og avgang (røde streker) på bane 12 med helikopter.
M 1:100 000.



Figur 7-4 Traséer for landing (blå streker) og avgang (røde streker) på bane 30 med helikopter.
M 1:100 000

8 BEREGNINGSPARAMETRE

8.1 Beregningsenheter

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

8.2 Beregning i enkeltpunkt

Det gjøres punktregninger i koordinatpunktene for alle støyømfintlige bygninger innenfor beregningsområdet. Bygningsdata fra Norges Eiendommer er importert per 2017-03-03.

8.3 NORTIM beregningskontroll

Grunnlagsberegningene for T-1442 og kartlegging etter forurensningsforskriften foretas med en oppløsning på 128 fot (39 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

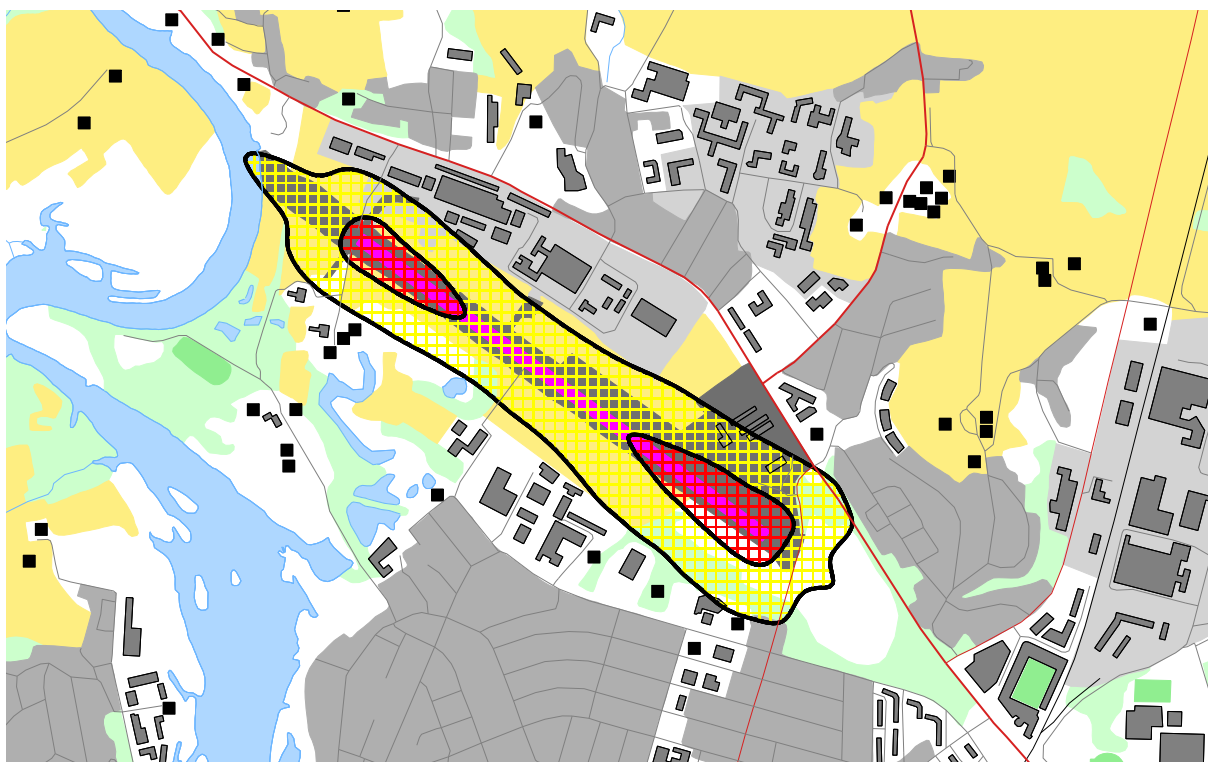
Beregningene som er gjort inneholder også resultater for andre enheter for støynivå. Disse foreligger på SOSI filformat og leveres til oppdragsgiver på elektronisk form. De er ikke vist her av plasshensyn og ut fra ønske om å begrense omfanget av resultatfigurer.

9.1 Støysonekart for situasjon A

Støysonekart for "støynivået ved 10.000 bevegelser og støynivå ved tidligere benyttet modell for støy fra flåten" er vist i Figur 9-1.

Tabell 9-1. Areal innenfor støysoner for situasjon A.

Støysone	Areal (da)
Rød	103
Gul	477



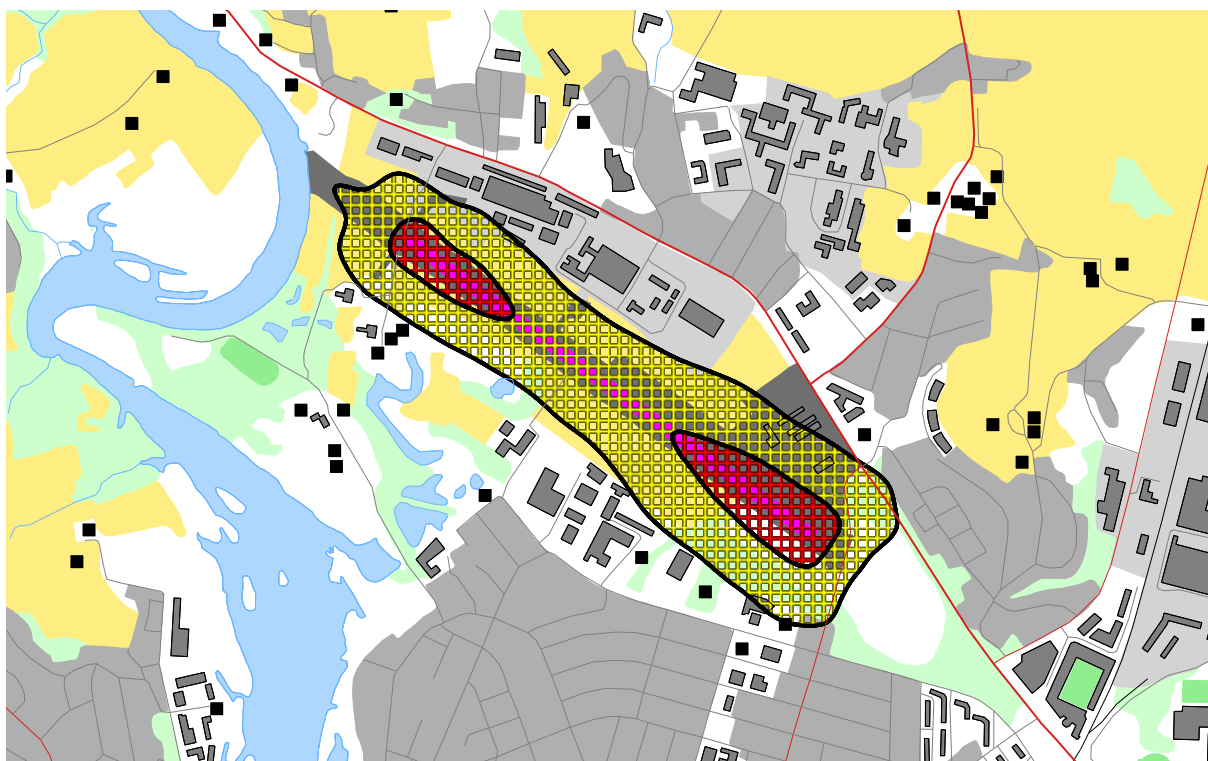
Figur 9-1. Rød og gul støysone for Kjeller flyplass for situasjon A. M 1:20 000.

9.2 Støysonekart for situasjon B

Støysonekart for "støynivået ved 10.000 bevegelser der man forutsetter en 50/50 «miks» av luftfartøy med «tradisjonelt» støynivå, jfr pkt a, og det «moderne» støynivået, jfr oversikten over dagens treningsflåte" er vist i Figur 9-2.

Tabell 9-2. Areal innenfor støysoner for situasjon B.

Støysone	Areal (da)
Rød	110
Gul	483



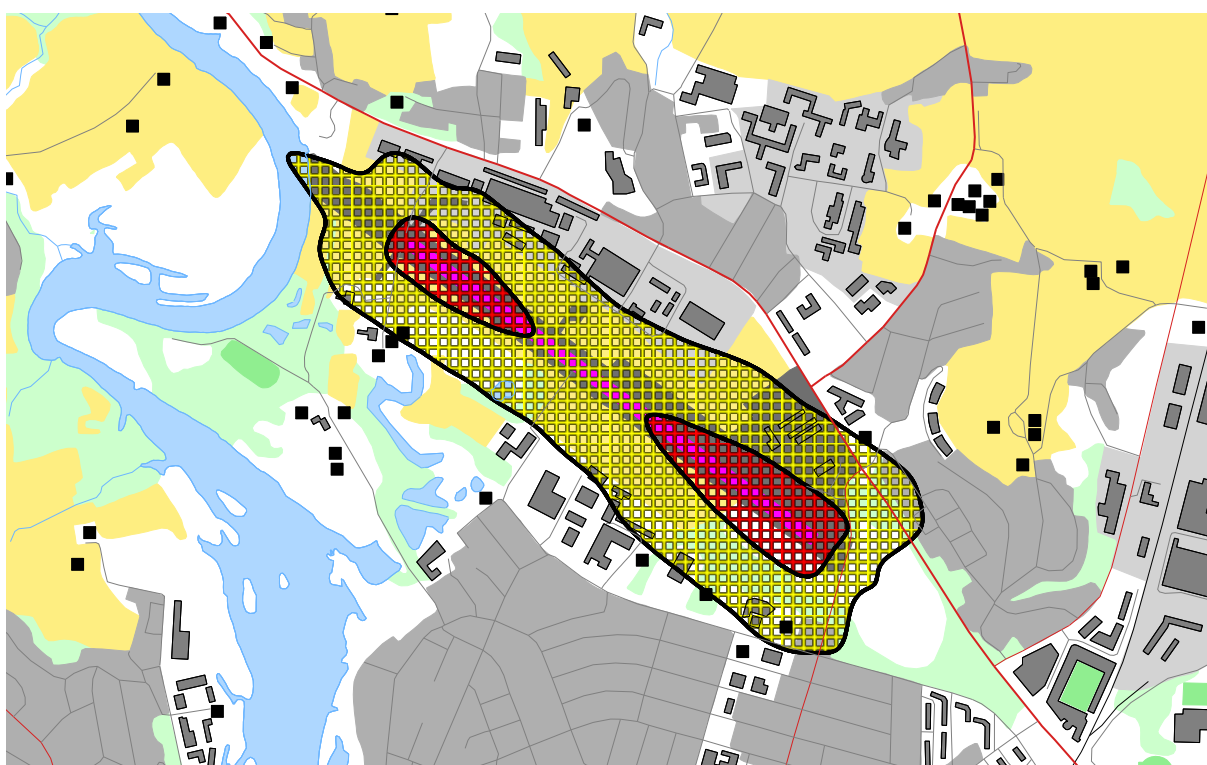
Figur 9-2. Rød og gul støysone for Kjeller flyplass for situasjon B. M 1:20 000.

9.3 Støysonekart for situasjon C

Støysonekart for "støynivået ved 15.000 bevegelser der man i tillegg til bevegelsene omtalt i pkt b også tar med 5.000 bevegelser som utelukkende dekkes av luftfartøy med det «moderne» støynivået" er vist i Figur 9-3.

Tabell 9-3. Areal innenfor støysoner for situasjon C.

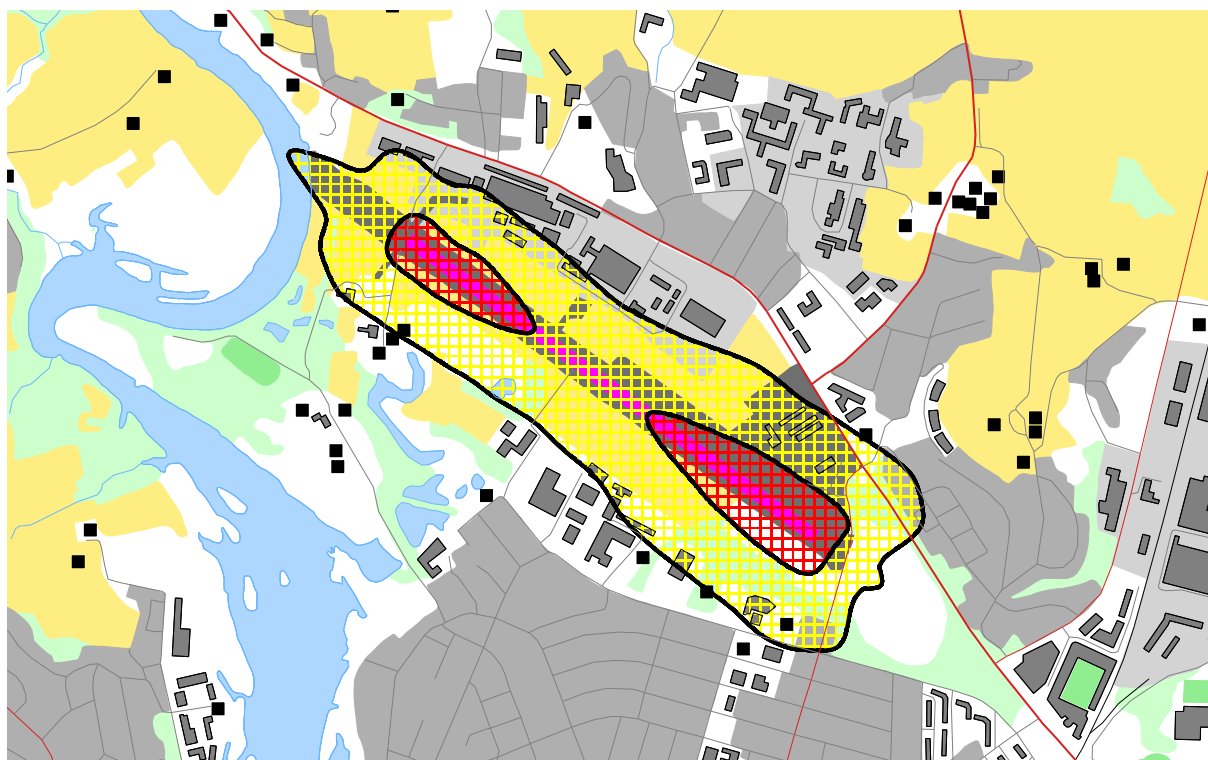
Støysone	Areal (da)
Rød	153
Gul	674



Figur 9-3. Rød og gul støysone for Kjeller flyplass for situasjon C. M 1:20 000.

9.4 Støysonekart for verste-tilfelle

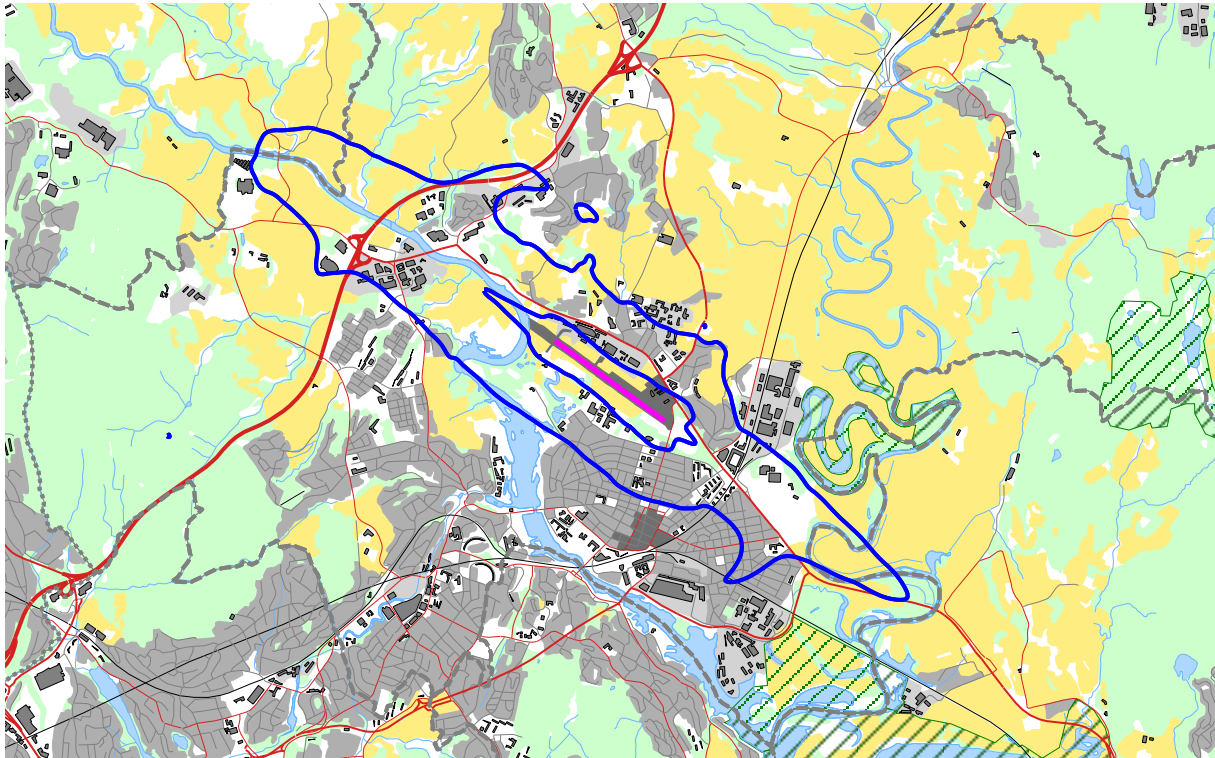
Retningslinje T-1442/2012 angir at støysone som skal oversendes kommunen skal settes sammen som en "verste-tilfelle-kombinasjon" av de to situasjonene "dagens" og "prognose" (vanligvis en tiårsprognose). Siden oppdraget til SINTEF går ut på å beskrive tre spesifikke situasjoner uten at det er spesifisert hvilke av disse som er "dagens" og/eller "tiårsprognose", har SINTEF sett på de tre tilfellene og funnet at Situasjon C, med et lite bidrag av Situasjon A utgjør et "værste-tilfelle-kombinasjon". Dette er vist i Figur 9-4.



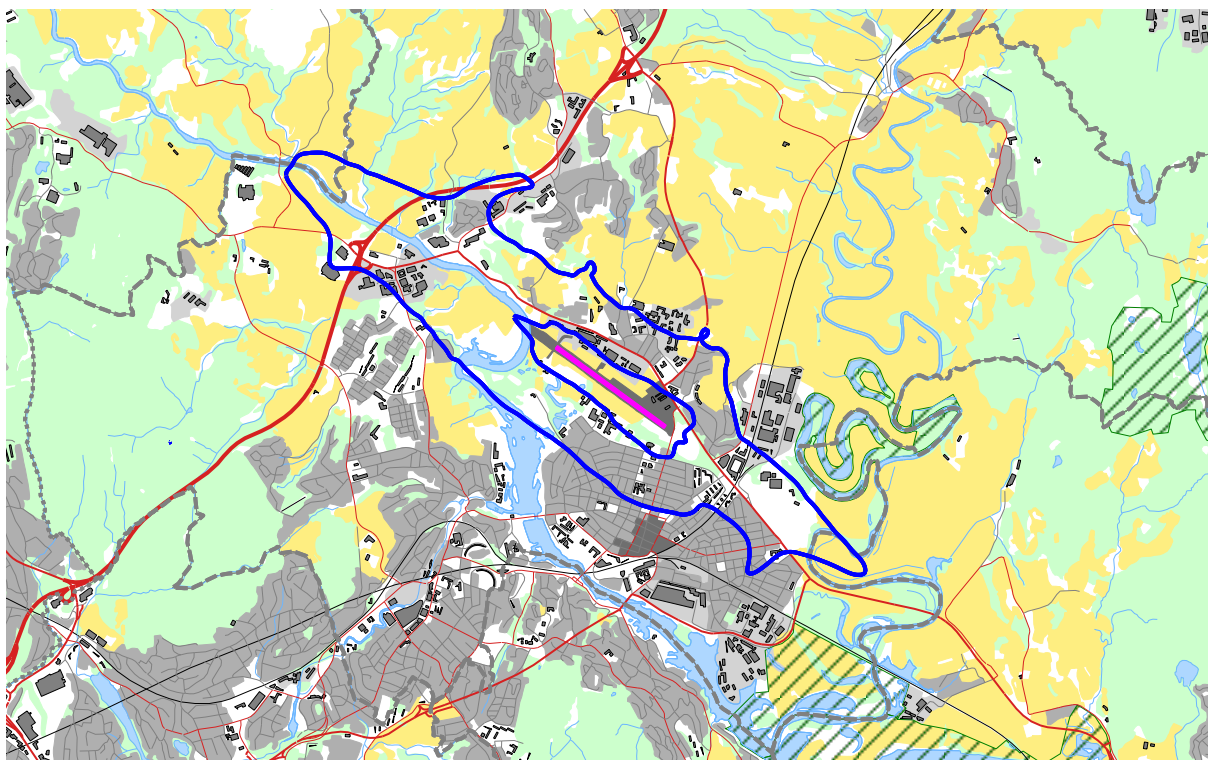
Figur 9-4 Rød og gul støysone for Kjeller flyplass for "verste-tilfelle-kombinasjon". M 1:20 000.

9.5 Kartlegging av stille soner

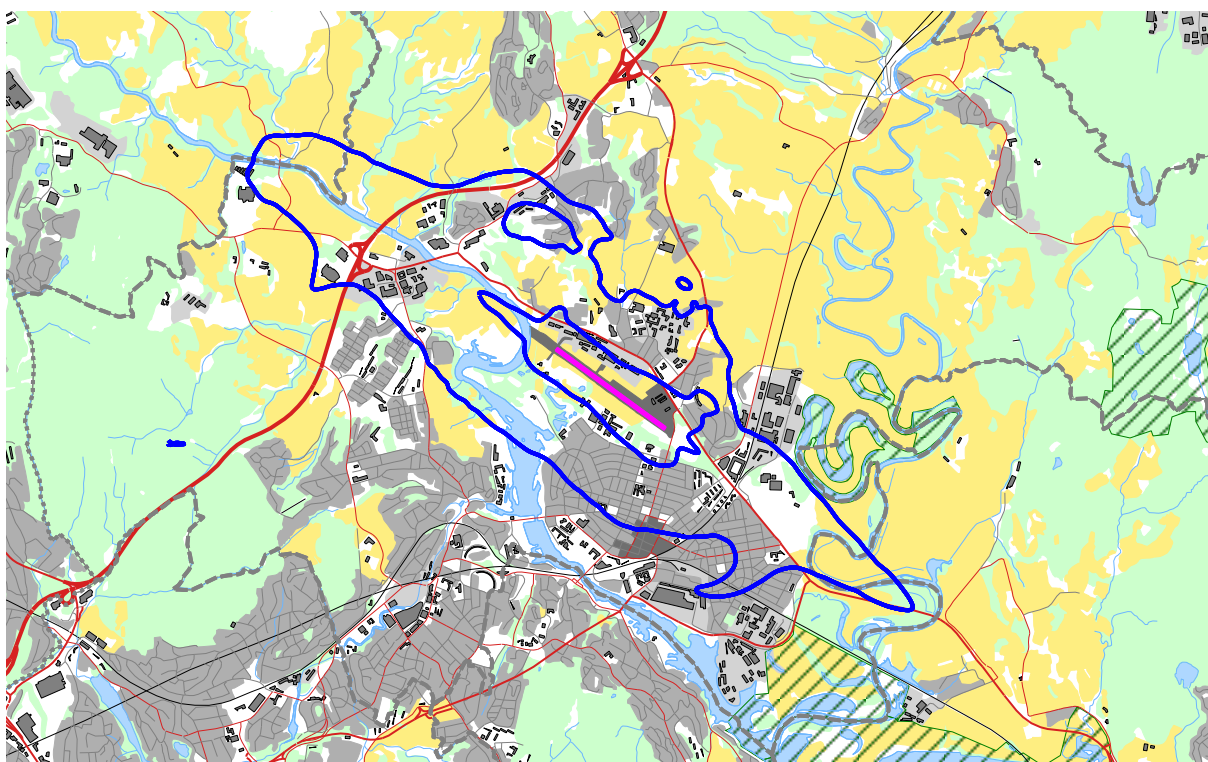
Som grunnlag for å kunne definere stille soner har SINTEF utarbeidet kart som viser grensene for L_{den} 40 og 50 dB, for de tre ulike situasjonene A, B og C.



Figur 9-5. L_{den} 40 og 50 dBA for situasjon A. M 1:75 000.



Figur 9-6. Lden 40 og 50 dBA for situasjon B. M 1:75 000.



Figur 9-7. Lden 40 og 50 dBA for situasjon C. M 1:75 000.

10 RESULTATER RELATERT TIL FORURENSINGSFORSKRIFTEN

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 støy nivå

For beregningene ved Kjeller flyplass legges "Regionale flyplasser" til grunn.

I henhold til Tabell 4-1 er kartleggingsgrensen for Kjeller flyplass for flystøy og helikopterstøy på L_{Aeq24h} 54 dBA utendørs frittfeltnivå. Det korresponderer med en reduksjon på 19 dBA i fasader relativt til frittfeltnivå og gir 35 dBA innendørs nivå. I tilfeller hvor det er andre støykilder som bidrar like mye som flytrafikken (som f.eks. en veg), så skal kartleggingsgrensen flyttes 3 dB lenger ut, dvs. til 51 dBA. Tentativ tiltaksgrense på innendørs nivå 42 dBA gir et tilsvarende frittfeltnivå på 61 dBA utendørs.

Tabell 10-1. Antall bosatte, boliger, skoler, helseinstitusjoner og fritidsboliger innenfor kartleggingsnivå for situasjon A.

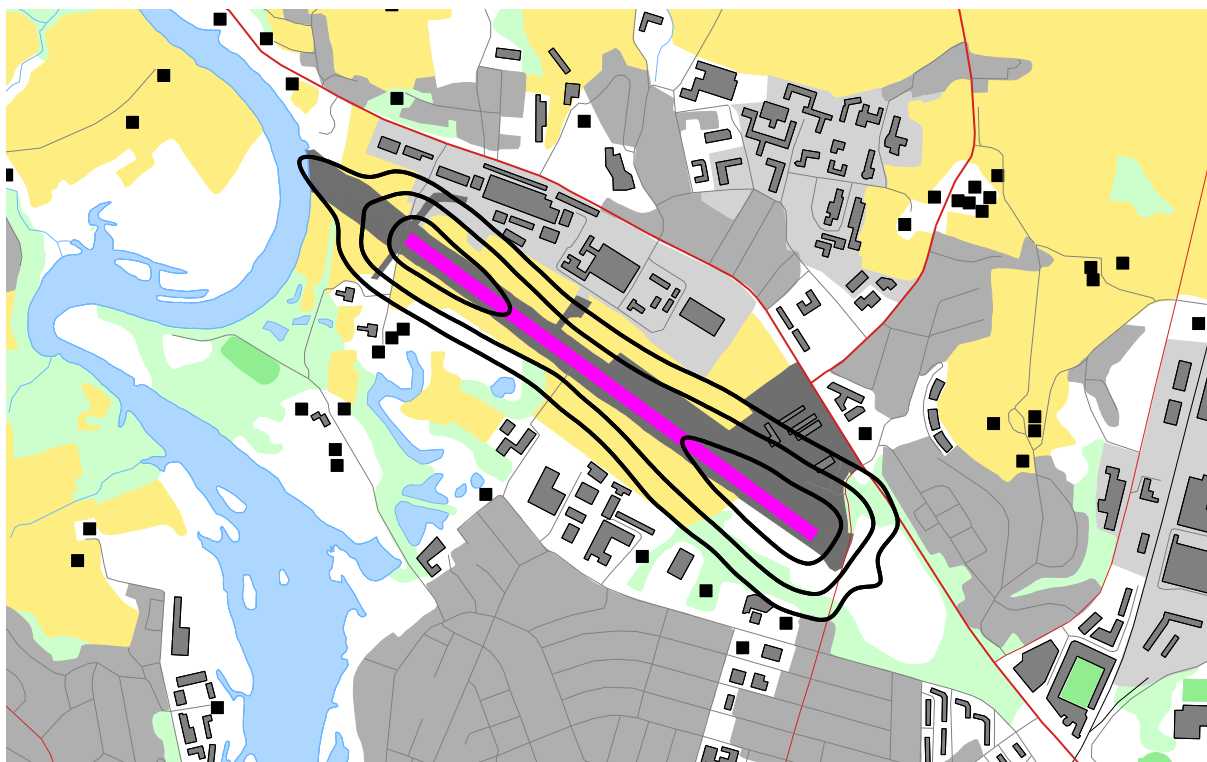
Limits	NoOf People	NoOf Residences	NoOfSchool Buildings	NoOfHealth Institutions	NoOfLeisure Homes
51 – 54	0	0	0	0	0
54 – 61	0	0	0	0	0
61 – >	0	0	0	0	0

Tabell 10-2. Antall bosatte, boliger, skoler, helseinstitusjoner og fritidsboliger innenfor kartleggingsnivå for situasjon B.

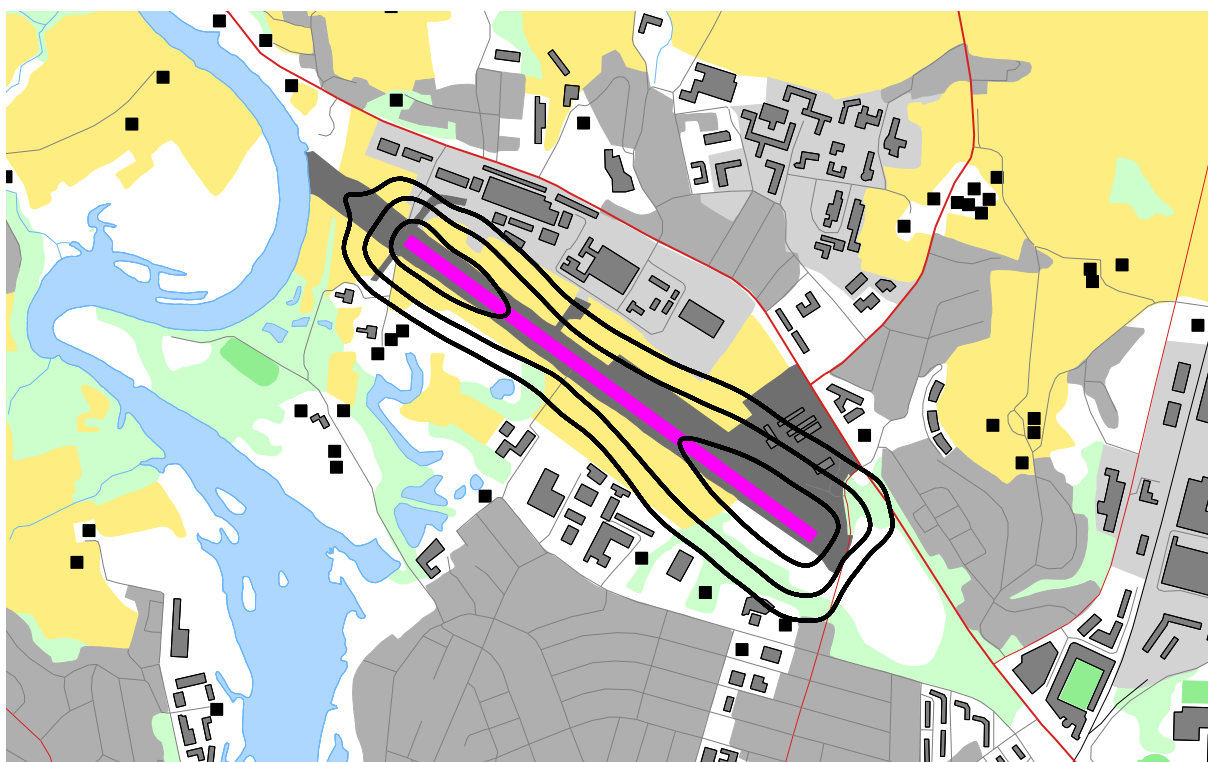
Limits	NoOf People	NoOf Residences	NoOfSchool Buildings	NoOfHealth Institutions	NoOfLeisure Homes
51 – 54	0	0	0	0	0
54 – 61	0	0	0	0	0
61 – >	0	0	0	0	0

Tabell 10-3. Antall bosatte, boliger, skoler, helseinstitusjoner og fritidsboliger innenfor kartleggingsnivå for situasjon C.

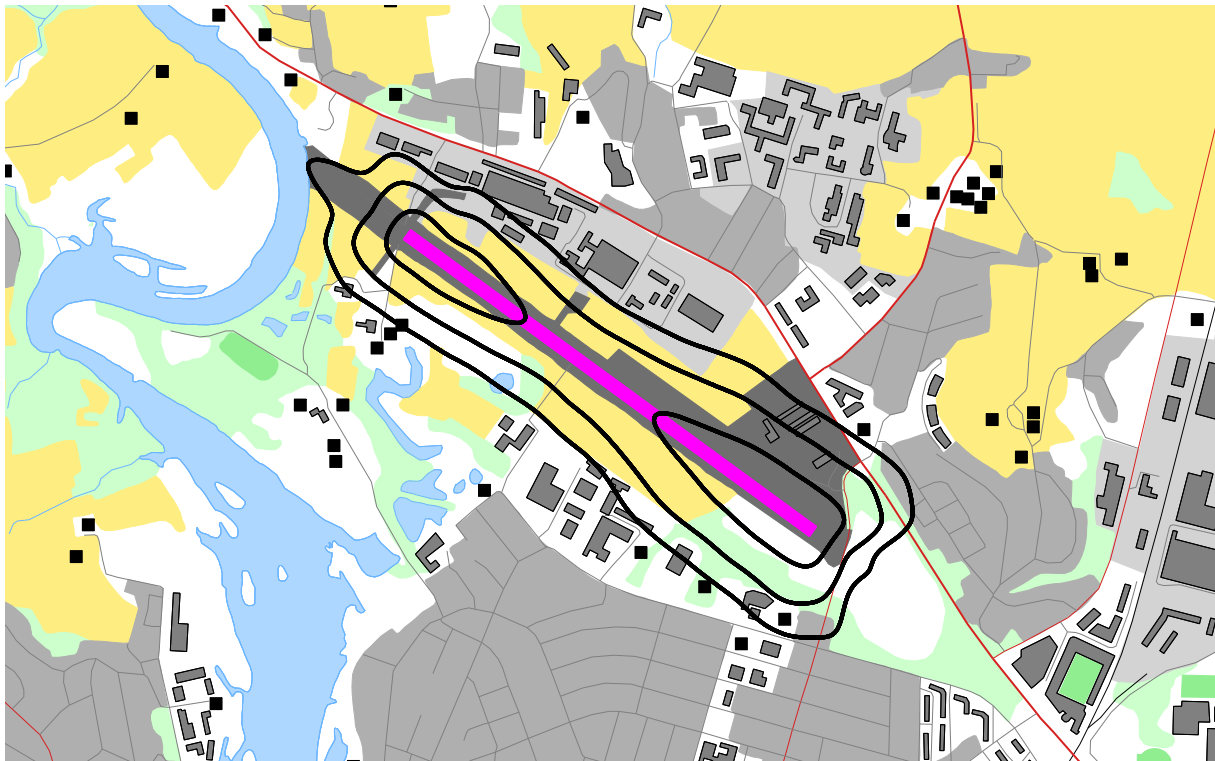
Limits	NoOf People	NoOf Residences	NoOfSchool Buildings	NoOfHealth Institutions	NoOfLeisure Homes
51 – 54	43,59	13	1	1	0
54 – 61	0	0	0	0	0
61 – >	0	0	0	0	0



Figur 10-1. Kartleggingsgrenser for situasjon A. L_{Aeq24h} 51, 54 og 61 dBA. M 1:20 000.



Figur 10-2. Kartleggingsgrenser for situasjon B. L_{Aeq24h} 51, 54 og 61 dBA. M 1:20 000.



Figur 10-3. Kartleggingsgrenser for situasjon C. L_{Aeq24h} 51, 54 og 61 dBA. M 1:20 000.

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 10-4. Antall bygninger og bosatte personer som funksjon av L_{den} -nivå for situasjon A.

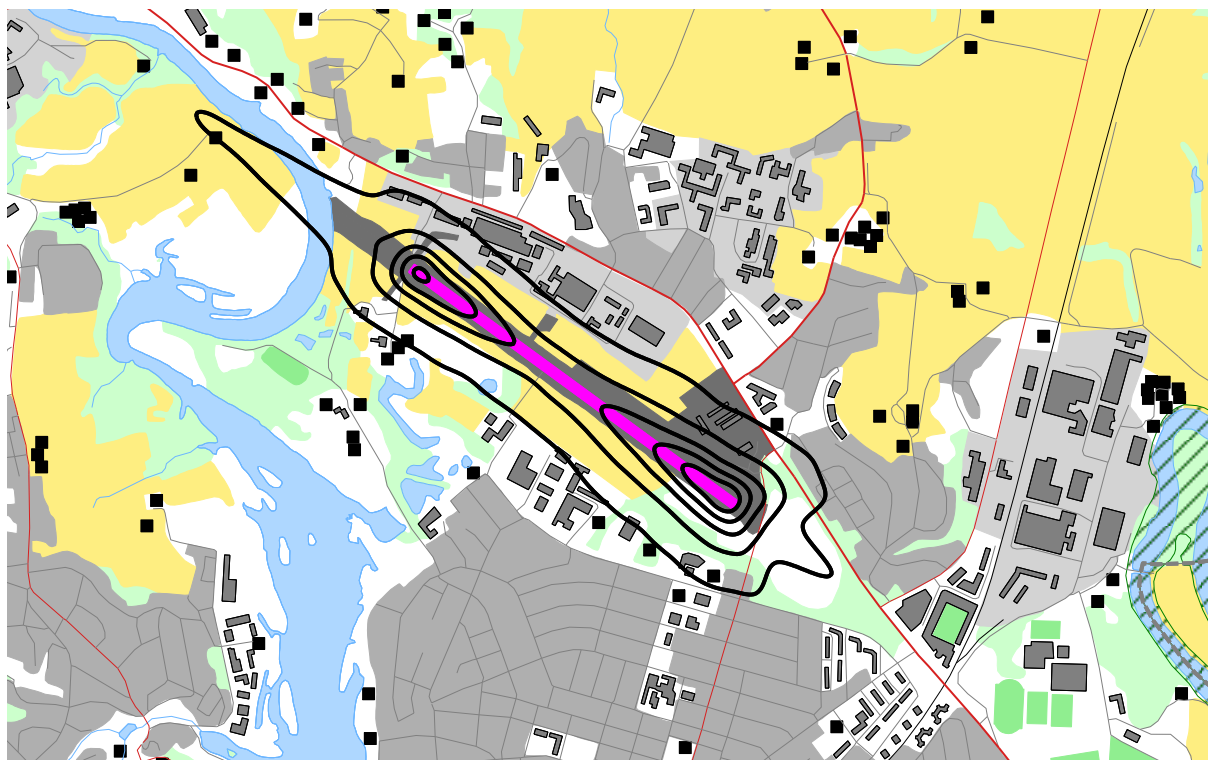
Limits	NoOf People	NoOf Residences	NoOfSchool Buildings	NoOfHealth Institutions	NoOfLeisure Homes
50 – 55	68,69	22	1	1	0
55 – 60	0	0	0	0	0
60 – 65	0	0	0	0	0
65 – 70	0	0	0	0	0
70 – 75	0	0	0	0	0
75 – >	0	0	0	0	0

Tabell 10-5. Antall bygninger og bosatte personer som funksjon av L_{den} -nivå for situasjon B.

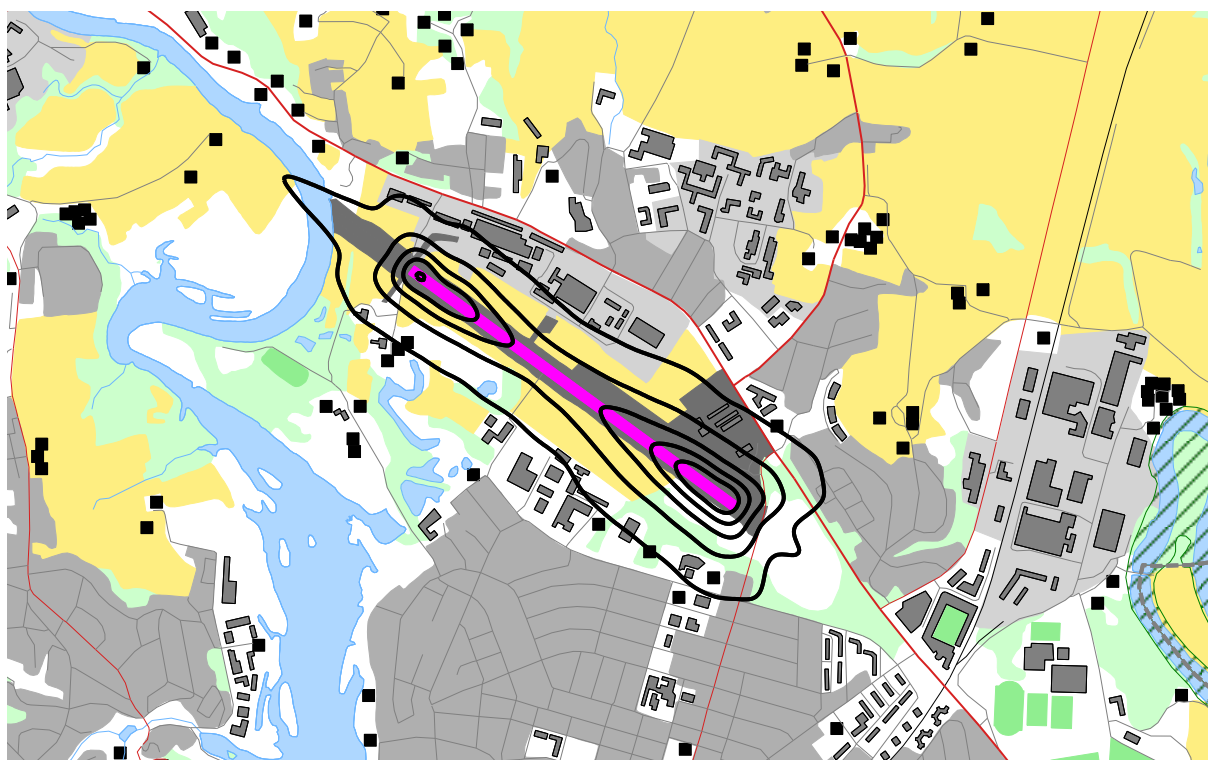
Limits	NoOf People	NoOf Residences	NoOfSchool Buildings	NoOfHealth Institutions	NoOfLeisure Homes
50 – 55	129,96	22	7	1	0
55 – 60	0	0	0	0	0
60 – 65	0	0	0	0	0
65 – 70	0	0	0	0	0
70 – 75	0	0	0	0	0
75 – >	0	0	0	0	0

Tabell 10-6. Antall bygninger og bosatte personer som funksjon av L_{den} -nivå for situasjon C.

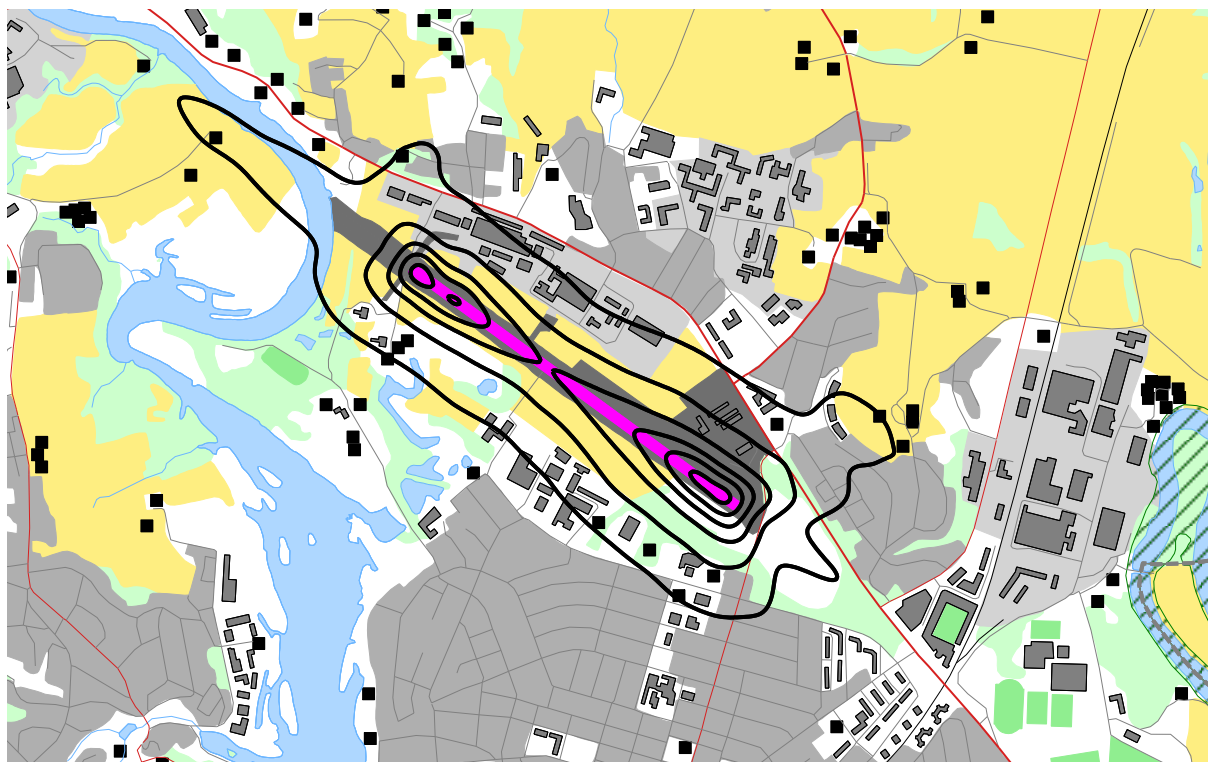
Limits	NoOf People	NoOf Residences	NoOfSchool Buildings	NoOfHealth Institutions	NoOfLeisure Homes
50 – 55	530,53	94	11	1	0
55 – 60	0	0	1	0	0
60 – 65	0	0	0	0	0
65 – 70	0	0	0	0	0
70 – 75	0	0	0	0	0
75 – >	0	0	0	0	0



Figur 10-4. L_{den} for dagens situasjon i 5 dB trinn fra 50 dBA. M 1:20 000.



Figur 10-5. L_{den} for prognosesituasjonen i 5 dB trinn fra 50 dBA. M 1:20 000.



Figur 10-6. L_{den} for prognosesituasjonen i 5 dB trinn fra 50 dBA. M 1:20 000.

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

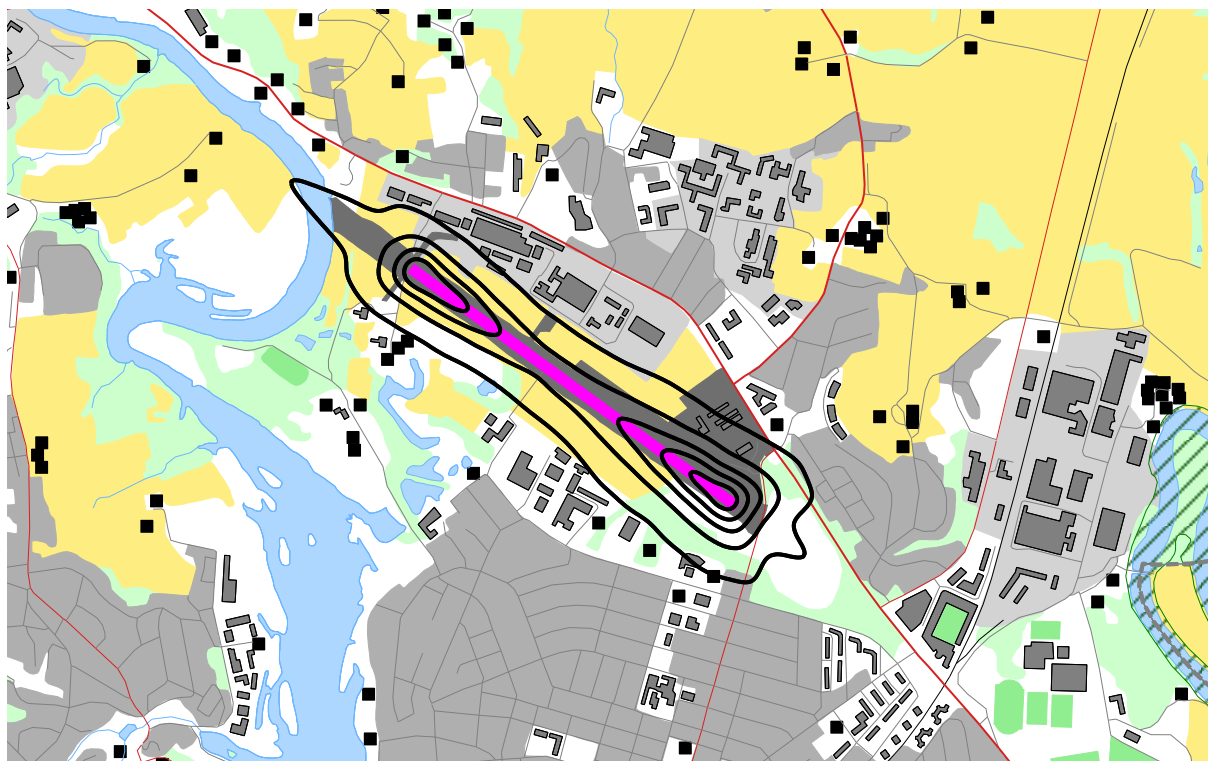
Limits	NoOf People	NoOf Residences	NoOfSchool Buildings	NoOfHealth Institutions	NoOfLeisure Homes
50 – 55	16,27	5	1	0	0
55 – 60	0	0	0	0	0
60 – 65	0	0	0	0	0
65 – 70	0	0	0	0	0
70 – >	0	0	0	0	0

Tabell 10-8. Antall bygninger og bosatte personer som funksjon av L_{Aeq24h} -nivå for situasjon B.

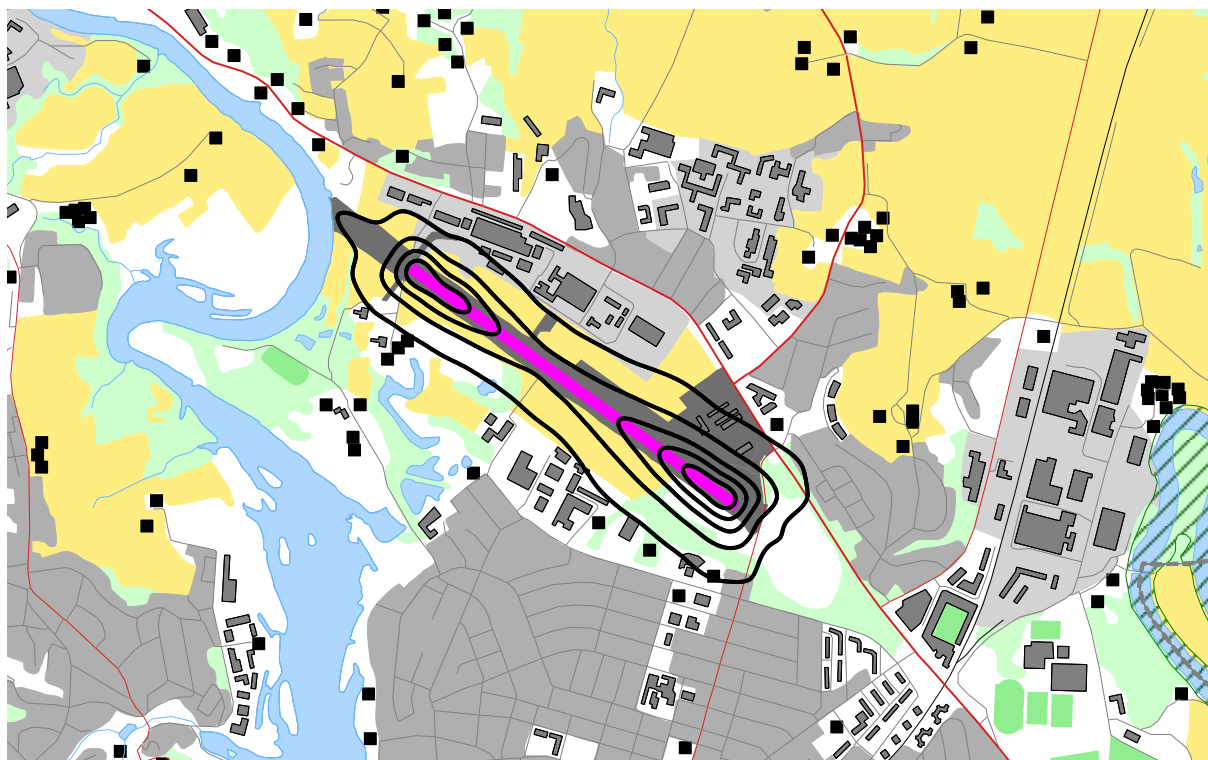
Limits	NoOf People	NoOf Residences	NoOfSchool Buildings	NoOfHealth Institutions	NoOfLeisure Homes
50 – 55	13,66	4	1	1	0
55 – 60	0	0	0	0	0
60 – 65	0	0	0	0	0
65 – 70	0	0	0	0	0
70 – >	0	0	0	0	0

Tabell 10-9. Antall bygninger og bosatte personer som funksjon av L_{Aeq24h} -nivå for situasjon C.

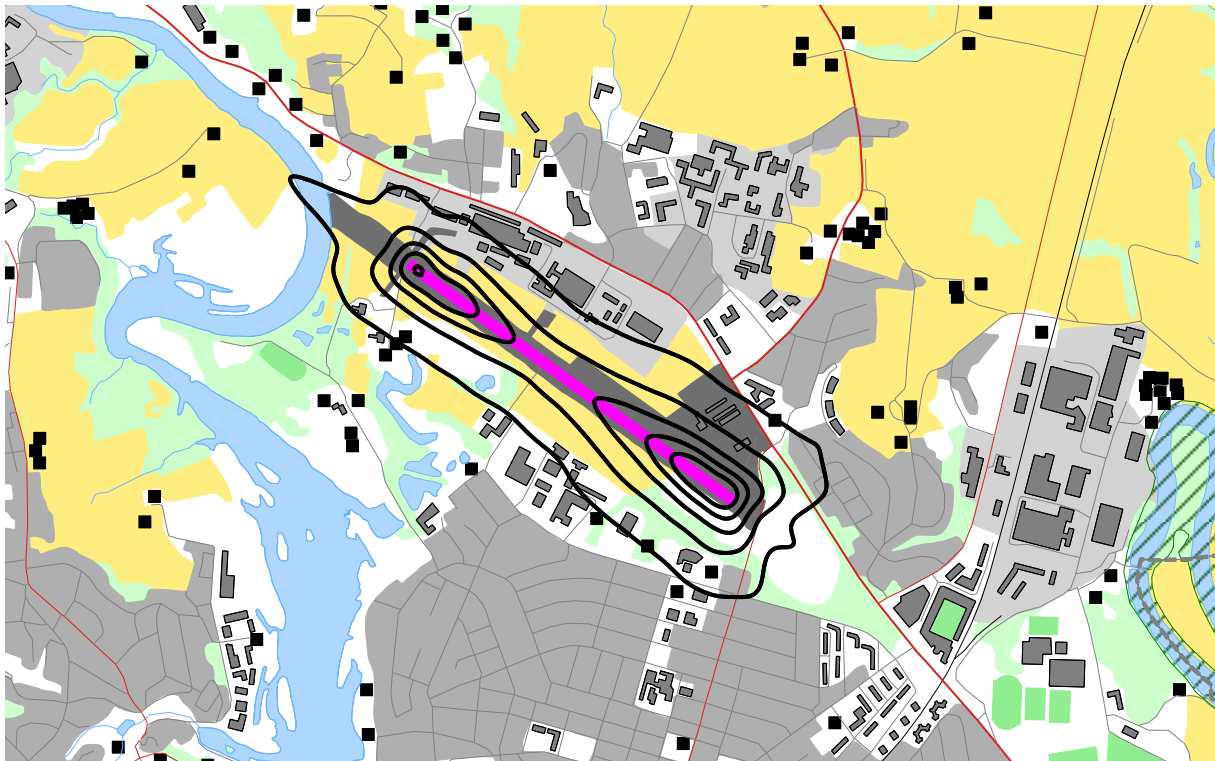
Limits	NoOf People	NoOf Residences	NoOfSchool Buildings	NoOfHealth Institutions	NoOfLeisure Homes
50 – 55	169,64	25	7	1	0
55 – 60	0	0	0	0	0
60 – 65	0	0	0	0	0
65 – 70	0	0	0	0	0
70 – >	0	0	0	0	0



Figur 10-7. L_{Aeq24h} for situasjon A i 5 dB trinn fra 50 dBA. M 1:20 000.



Figur 10-8. L_{Aeq24h} for situasjon B i 5 dB trinn fra 50 dBA. M 1:20 000.



Figur 10-9. L_{Aeq24h} for situasjon C i 5 dB trinn fra 50 dBA. M 1:20 000.

11 REFERANSER

- [1] I. L. N. Granøien, "Støysoneregrenser for Kjeller Flyplass," STF40 A03055, 2003.
- [2] B. Griefahn, "MODELS TO DETERMINE CRITICAL LOADS FOR NOCTURNAL NOISE," in *Proceedings of the 6th International Congress on Noise as a Public Health Problem*, Nice, Frankrike, juli 1993.
- [3] H. M. E. Miedama and C. G. Oudshorn, "Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals.," *Environmental health perspectives*, vol. 109, pp. 409-416, 2001.
- [4] T. Gjestland, K. H. Liasjø, I. L. N. Granøien, and J. M. Fields, "RESPONSE TO NOISE AROUND OSLO AIRPORT FORNEBU," ELAB-RUNIT Report STF40 A90189, Trondheim, november 1990.
- [5] T. Gjestland, K. H. Liasjø, and I. L. N. Granøien, "RESPONSE TO NOISE AROUND VÆRNES AND BODØ AIRPORTS.," SINTEF DELAB Report STF40 A94095, Trondheim, august 1994.
- [6] F. Gelderblom, T. Gjestland, and I. L. N. Granøien, "UNDERSØKELSE AV STØYPLAGE VED NORSKE FLYPLASSER," Trondheim SINTEF A27596, Mars 2016 2016.
- [7] Miljøverndepartementet, "RETNINGSLINJE FOR BEHANDLING AV STØY I AREALPLANLEGGING," Retningslinje T-1442/2012, Oslo, juli 2012.
- [8] Miljødirektoratet, "VEILEDER TIL RETNINGSLINJE FOR BEHANDLING AV STØY I AREALPLANLEGGING (T-1442/2012)," Veileder M-128, Oslo, februar 2014.
- [9] *DIRECTIVE 2002/49/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise*, EC, 2002.
- [10] H. Olsen, K. H. Liasjø, and I. L. N. Granøien, "TOPOGRAPHY INFLUENCE ON AIRCRAFT NOISE PROPAGATION, AS IMPLEMENTED IN THE NORWEGIAN PREDICTION MODEL – NORTIM," SINTEF DELAB Report STF40 A95038, Trondheim, april 1995.
- [11] R. T. Randeberg, H. Olsen, and I. L. N. Granøien, "NORTIM VERSION 3.3. USER INTERFACE DOCUMENTATION," Report SINTEF A1683, Trondheim, juni 2007.
- [12] I. L. N. 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 A02065, Trondheim, desember 2002.
- [13] B. Plovsing and J. Kragh, "COMPREHENSIVE OUTDOOR SOUND PROPAGATION MODEL," Nord2000 DELTA Report, Lyngby, desember 2000.
- [14] S. Å. Storeheier, R. T. Randeberg, I. L. N. Granøien, H. Olsen, and A. Ustad, "AIRCRAFT NOISE MEASUREMENTS AT GARDERMOEN AIRPORT, 2001. Part 1: SUMMARY OF RESULTS," SINTEF Report STF40 A02032, Trondheim, mars 2002.
- [15] J. Koopmann, A. Zubrow, A. Hansen, S. Hwang, and M. Ahearn, "Aviation Environmental Design Tool (AEDT) 2b User Guide," U.S. Department of Transportation, Volpe National Transportation Systems Center, Washington DC, USA2015.
- [16] W. R. Lundberg, "BASEOPS DEFAULT PROFILES FOR TRANSIENT MILITARY AIRCRAFT," AAMRL-TR-90-028, Harry G. Armstrong, Aerospace Medical Research Laboratory, Wright-Patterson AFB, Ohio, februar 1990.
- [17] OSL, "Noise Measurements on EC 225 and S 92 helicopters for development of NPD-data," August 2015 August 2015.
- [18] AgustaWestland, "AW101-612 External Noise Data for NAW SARH Environmental Impact Studies," October 2014
- [19] Miljøverndepartementet, "FORSKRIFT OM BEGRENSNING AV FORURENSNING (FORURENSNINGSFORSKRIFTEN)," Forskrift FOR-2004-06-01-931 (Del 2, kapittel 5), Oslo, juni 2004.

- [20] A. Brekke, "NYE RETNINGSLINJER FOR FLYSTØY. KONSEKVENSER VEDRØRENDE STØYISOLERING AV BOLIGER I STØYSONE I OG II," Norges byggforskningsinstitutt rapport 7939, revidert utgave, Oslo, juni 1998.
- [21] 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 01 C, oktober 2013.
- [22] E. Osmundsen, "MÅLING AV FASADEISOLERING OG BEREKNING AV INNENDØRS STØYNIVÅ VED STAVANGER LUFTHAVN, SOLA," Miljøakustikk AS2011.
- [23] Statkart. *Digital terrengmodell 10 m UTM 33 og N50 kart* © Kartverket Available: <http://www.statkart.no/Kart/Gratis-kartdata/>
- [24] Luftfartstilsynet, "Norges luftfartsregister," ed, 2003.
- [25] K. A. Senter, "Oppholdstillatelser ENKJ," 2003.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no