

Kunstgressbane i Trondheim: Detaljprosjektering og utførelse

Artificial turf field in Trondheim: Detailed engineering and construction

Trondheim Mai 2021

Studenter:

Lars Gunnar Skjevdal

Endre Blikra

Intern veileder:

Terje Kjetil Fossheim

Ekstern veileder:

Bjørn Aas

Prosjektnr:

2021 -01

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for bygg- og miljøteknikk

Problemdefinering/prosjektbeskrivelse og resultatmål

Antall bygde kunstgressbaner har økt kraftig de siste 15 årene. Denne økningen har medført en etterspørsel etter en detaljert beskrivelse av hvordan baner bygges og konstrueres. Frem til nå har Kunstgressboka vært en nasjonal veileder, men denne begynner å bli utdatert og mangler detaljerte beskrivelser. Da kunstgressbaner er relativt nytt og lite anvendt sett i et større perspektiv, er det ofte lite erfaring blant de ulike entreprenørene. Dette har ved en del tilfeller ført til feil oppbygging og man har fått skadelige deformasjoner, eller baner som ikke oppfyller krav.

Gruppen ønsker å bidra med generelle detaljer og spesifikasjoner inn mot bygging av kunstgressbaner, med fokus på utførelse av overbygningen. For å aktualisere oppgaven skal det baseres på et aktuelt prosjekt, som er Sjetne ILs kunstgressbane. Denne skal ombygges fra 11er bane til to mindre baner. Inkludert i denne oppgaven blir da fjerning av eksisterende kunstgress, som er et svært aktuelt tema i miljødebatten, og etablering av ny bane. Med et reelt prosjekt som bakteppe skal oppgaven omfatte hele prosessen, fra ide til ferdig bane. Gjennom møter med entreprenør, klubber og andre relevante tilbydere skal det innhentes informasjon og erfaringer tilknyttet emnet.

På bakgrunn av dette skal det utarbeides dokumenter knyttet til bygging av en kunstgressbane. Dette omfatter oppdragsbeskrivelse, mengdebeskrivelse og tegninger. Som et tillegg skal det også utarbeides en generell modell med beslutningsporter med tilhørende kravskjema. Målet er at dette skal kunne benyttes av både entreprenører og klubber/organisasjoner ved bygging av kunstgressbaner.

Stikkord: Kunstgress, miljø, fotball, mengdebeskrivelse

Forord

Denne bacheloroppgaven markerer siste del av utdanningen ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Oppgaven ble skrevet i faget TBYG3016 som avslutning på bachelorprogrammet Byggingeniør og vektlegges 20 studiepoeng. Gjennom seks års deltidstudiet, hvorav to i studiefordypningen husbyggingsteknikk, har vi opparbeidet oss kunnskaper og erfaringer som ble anvendt i oppgaven. Arbeidet begynte i september 2020 med ferdigstillelse i mai 2021.

Oppgaven er gjennomført i samarbeid med Senter for idrettsanlegg og teknologi (SIAT) ved NTNU. De etterspurte en oppgave rettet mot konstruksjon og utførelse av kunstgressbaner, som resulterte i denne oppgaven. Valg av oppgave baserer seg på en felles bakgrunn og interesse for idrett.

Vi ønsker å rette en stor takk til vår eksterne veileder Bjørn Aas ved SIAT som har bidratt med stor kunnskap og rådgivning inn mot prosjektet. En stor takk må også rettes til Jo Pedersen i Kjeldaas AS som gjennom vinteren jevnlig har bidratt med innspill og råd. Vi ønsker også å takke Norconsult ved Michael Klages for eksempelprosjekt og NorthLed ved Kenneth Saxskiold for lysberegninger av banen.

Ønsker til slutt å rette en takk til vår interne veileder Terje K. Fossheim for gode råd og veiledning på veien.

Trondheim, 20.05.21



Lars Gunnar Skjevdal



Endre Blikra

Sammendrag

Et samarbeid mellom prosjektgruppen og Senter for idrettsanlegg og teknologi (SIAT) ved NTNU har resultert i detaljerte retningslinjer for bygging av kunstgressbaner. Oppgaven er rettet mot prosessen rundt bygging av kunstgressbaner, med fokus på å gi en detaljert beskrivelse av valg og løsninger. Bidraget er ment som et supplement til byggherrer og entreprenører for bygging av kunstgressbaner. Innhold i beskrivelsen er basert på et aktuelt prosjekt, Sjetne kunstgress, for å kunne gi et realistisk bilde og relevante verdier. Detaljerte beskrivelser og resultater er utarbeidet i samråd med erfaren entreprenør for å gi et helhetlig prosjekt med løsninger som fungerer i praksis.

Resultatet av oppgaven peker på konkrete tiltak for å begrense antall feil tilknyttet bygging av kunstgressbaner. Tiltakene retter seg mot å sikre banens permeabilitet, med avrettingslaget som den begrensende faktoren. Rett utførelse, tilstrekkelig kontroll og skjerpede krav ble funnet å være de viktigste generelle tiltakene som kan implementeres. Kontroll skal gjennomføres med et permeabilitetskrav på 280 mm/ 14-20 min gjennom laget, som er en kraftig økning fra det standardiserte kravet på 180 mm/t. Utførte tester på avrettingslag skal gjennomføres i forkant, ved bruk av et testfelt, og på ferdig utlagt lag. For prosjektet på Sjetne spilte faktorer som fallforhold inn på den endelige løsningen. Der banen på Sjetne legges med ensidig fall, mot takfall som er standard løsning.

For dimensjonering av drenssystemet ble det gjennomført beregninger for dimensjonerende vannmengde, både for total spissavrenning og total vannmengde. Spissavrenning overstiger dimensjonerende utløpsmengde og som en konsekvens må banens fordrøyningsvolum håndtere store vannmengder. Banens kapasitet ble beregnet til 461,7 m³, som ble funnet å være tilstrekkelig for total vannmengde med en varighet på 60 min, ved bruk av konservativ avrenningsfaktor for skråningen sør for banen ($\Phi=0,3$).

I tillegg til detaljerte beskrivelser er det utarbeidet en beslutningsportalmodell basert på GIA-modellen, som rettes spesifikt inn mot bygging av kunstgressbaner. Denne er ment som et tilskudd til bygging av kunstgressbaner, for å sikre at alle momenter og krav er vurdert.

Abstract

A collaboration between the project group and Centre for Sport Facilities and Technology-SIAT-NTNU has resulted in detailed guidelines for construction of artificial turf fields. The project focuses on the process of building artificial turf fields, with attention to making a detailed description of methods and solutions. The contribution's purpose is to be a supplement to both builder and developer in the process of building pitches. The contents of this description are based on an ongoing project, Sjetne Artificial Turf Field, in order to provide realistic issues and values. Detailed descriptions and results are produced in collaboration with an experienced contractor to create a project with solutions that work in real life.

The result of the project points to concrete actions to limit the number of errors connected to the construction of artificial turf fields. The actions focus on securing the permeability of the field, with the levelling layer as the limiting factor. Correct execution, adequate control and stricter requirements were found to be the main general actions to implement. The requirement on permeability is raised from 180 mm/h to 280 mm/ 14-20 minutes, and control should be conducted with regards to the latter. Tests on the levelling layer should be conducted before, with establishment of a test field, and after the complete layer is finished. Factors such as slope played an important role for the final result. With construction of the field with a one-sided slope towards the north side, with standard practice being a two-sided slope along the longitudinal face.

The dimensioning of the drainage system is based on calculated values for max flow rate and total amount of water. Max flow rate exceeded the allowed discharge from the system, and as a consequence the subbase layers of the pitch have to manage large amounts of water, through attenuation and storage. The storage capacity of the aggregate in the sub base layers is estimated to 461,7 m³, which is found to be adequate for the total amount water from a rainfall of 60 minutes, with use of conservative runoff factor ($\Phi=0,3$) for the gradient south of the field.

In addition to the detailed descriptions, a model based on the stage-gate process was made and directed specifically towards building an artificial turf field. The model is based on the GIA-model, which is based on the same process. The model is meant to ensure that all factors and requirements connected to the building of artificial turf fields are taken into consideration.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Mål og tilnærming.....	3
1.3 Problemstilling	4
1.4 Avgrensninger og omfang.....	4
2 Teori	6
2.1 Kunstgress	6
2.1.1 Dempesjikt	6
2.1.2 Kunstgressmatta	7
2.1.3 Vedlikehold	9
2.2 Overbygning.....	10
2.2.1 Grunnforhold og forsterkningslag.....	11
2.2.2 Frostsikring.....	12
2.2.3 Bærelag og avrettingslag	12
2.2.4 Krav og komprimering	13
2.3 Drenering.....	15
2.3.1 Ulike konsepter	16
2.3.2 Infiltrasjon og fordrøyning	17
2.3.3 Frost.....	18
2.3.4 Miljøsikring av drensssystem	19
2.4 Beregning av overvannsmengde	19
2.4.1 Datagrunnlag	19
2.4.2 Konsentrasjonstid	20
2.4.3 Valg av metode.....	22
2.5 NS 3420.....	24
2.6 Funksjonskrav toppdekket.....	26
2.7 GIA-modellen.....	27
2.8 Lys og diverse	29
2.8.1 Lys.....	29
2.8.2 Gjerder og sikkerhetssoner.....	29

2.8.3 Vanningsanlegg	30
2.9 Vinterdrift og undervarme.....	30
2.9.1 Undervarme	30
2.9.2 Vinterdrift.....	32
2.10 Forurenset grunn	32
2.11 Beregning av masser	33
2.12 Parkeringsplass	34
3 Metode.....	35
3.1 Litteraturstudie	35
3.2 Møte entreprenør	35
3.3 Programmer	36
3.4 Utfordringer og muligheter ved valgt metode.....	36
4 Analyse.....	38
4.1 Overbygning.....	38
4.1.1 Grunnforhold og traubunn.....	38
4.1.2 Frostsikring og drenslag	40
4.1.3 Bærelag.....	42
4.1.4 Avrettingslag	42
4.1.5 Utførelse og kontroll	44
4.2 Fjerning av eksisterende anlegg og masser	45
4.2.1 Kontaminerte masser	45
4.2.2 Rene masser.....	46
4.2.3 Fjerning av eksisterende anlegg	46
4.2.4 Utrengninger.....	47
4.3 Lys og EL	48
4.3.1 Lys.....	48
4.3.2 EL	50
4.4 Toppdekket.....	52
4.4.1 Fjerning og håndtering av dekket.....	52
4.4.2 Krav og utførelse	53
4.5 Drenering.....	56
4.5.1 Dreneringskonsept.....	56
4.5.2 Nedbørsfelt	58
4.5.3 Beregning av vannmengde	59
4.5.4 Fordrøyning	64

4.5.5 Grøfteutforming	67
4.5.6 Valg og plassering av rør	68
4.5.7 Valg av kummer	70
4.6 Parkeringsplass	71
4.7 Utforming	72
4.7.1 Spilleflate	72
4.7.2 Gjerder og ballfangernett	73
4.7.3 Snølager.....	74
4.7.4 Vanningsanlegg	75
4.9 Undervarme	75
4.10 Tilhørende dokumenter	78
4.10.1 Oppdragsbeskrivelse	78
4.10.2 Mengdebeskrivelse.....	79
4.10.3 GIA-modellen kunstgress.....	80
5 Konklusjon	82
6 Videre arbeid	84
7 Figurliste.....	85
8 Tabelliste	87
9 Litteraturliste	88
10 Vedleggsliste	95

1 Innledning

Kapittelet omhandler oppgavens bakgrunn og definering av oppgavens problemstilling. Mål og tilnærming til oppgaven, samt avgrensinger er også omtalt.

1.1 Bakgrunn

Kunstgress gjorde sitt inntog på idrettsbaner på slutten av 1960-tallet. På denne tiden ble kampene spilt på gress eller grus, og kunstgresset ble sett på som et fremtidig alternativ til det foretrukne underlaget, gress. I begynnelsen var det relativt enkle matter bestående av fiberstrå av vevd polyamid. Disse mattene ble lagt direkte på et underlag som vanligvis bestod av sand eller betong. Denne løsningen resulterte i et underlag langt dårligere enn referansegrunnet, gress. På 80-tallet utviklet man en ny type, generasjon to, der man foretok endringer for å minimere forskjellene mellom gress og kunstgress. Løsningen ble å bruke sand som innfyll mellom fibrene, som resulterte i en bedre brukeropplevelse. Dagens baner er bygd opp som tredje generasjons (3G) baner. Innføring av dempesjikt (pad) under kunstgressmatten og innfyll av sand, kombinert med gummigranulat har hevet egenskapene på banene betraktelig og fullt ut erstattet tidligere generasjoner. Med dagens krav til miljø, beveger man seg nå mot en generasjon baner uten innfyll eller med organisk fyllmateriale. Baner uten innfyll har vært brukt i lang tid, men underlaget har ikke levd opp til ønsket standard (1).

I dag finnes det over 1900 kunstgressbaner i Norge, der flesteparten av disse banene er tredje generasjons (2). Over de siste par årene har det blitt rettet kritisk søkelys mot granulatet brukt som innfyll i banene. Det mest brukte er SBR, som stammer fra gamle bildekk. Også andre uorganiske løsninger som TPE, EPDM og PE blir brukt. Dette er i hovedsak industriprodusert plast og gummi. Undersøkelser har avdekket at en vesentlig andel av dette granulatet ender opp i naturen. Avhengig av vinterdrift vil alt fra 0,5 tonn til 3,5 tonn måtte etterfylles på banene hvert år som følge av spredning av granulat (2). En slik mengde må da ha «migrert» ut av banen, der det største svinnet foregår ved brøyting av banen (3). Via drens-systemet og brukerne selv (klær, utstyr), forsvinner det også store mengder. Det anslås at omlag 1500 tonn granulat finner veien ut i naturen fra norske baner (4). Selv om studier har konkludert med at helserisikoen for brukerne er minimal, er det svært ugunstig at slike mengder havner i naturen mtp. spredning av plast (5, 6).

Med disse problemene knyttet til miljø, har forbrukerne og bransjen rettet blikket mot nye miljøvennlige metoder. Flere baner i Norge har i dag organisk innfyll i banene sine. Kokosnøttskall, olivenkjerner og kork er noen av produktene som finnes på markedet (7).

Enkelte nye baner utformes også uten innfyll, men fraværet av innfyll har skapt problemer med å oppfylle FIFAs strengeste krav for disse banene. Banene har likevel nådd opp til NORDIC standard, som betyr klarering til bruk på lavere nivå i Norden (8). Norge har som et av de eneste landene i Europa omtrent like strenge krav til toppfotball som bredde- og barnefotball.

Det høye kravet til barnefotballen hindrer dermed muligheten til å velge nytt og miljøvennlig og enkelte har måttet ta til takke med en standard tredje generasjons bane med gummigranulat (9). For tiden utvikler EU en regulering mot mikroplast, som omfatter bruk av granulat på baner. Et mulig forbud kan være på plass i løpet av få år, der et mulig forbud i EU også vil innføres i Norge (4). Som følge av dette, kan man anta at bruken av baner med organisk innfyll eller innfyllsfrie baner vil øke.

Ved bygging av kunstgressbaner i Norge er det ofte det offentlige som står som tiltakshaver (byggherre). Baner er som regel knyttet til et idrettslag eller opp mot kommunen, da de ofte ønsker økt aktivitet for innbyggerne. I antall brukstimer kan man forvente 1500-2000 timer ved normal bruk for kunstgressbaner. Har man i tillegg vinteråpen bane, kan det stige til 2500 timer. Med normal brukstid på opp mot 250 timer i året for gressbaner, setter det en kraftig begrensing for bruken av banen i forhold til kunstgress. Behovet for et større antall brukstimer er i mange tilfeller årsaken til valg av kunstgress foran gress (10).

Norges fotballforbund (NFF) og Kulturdepartementet har utviklet en veileder, «Kunstgressboka» (10), for å hjelpe idrettslagene/kommunene med bygging av kunstgressbaner. Denne boka tar for seg de meste sentrale delene ved det administrative, bl.a. i forhold til finansiering ved hjelp av spillemidler og hvordan man best kan organisere prosjektet. Veilederen retter seg spesielt inn på valg av kunstgress og sikring av kvalitet ved overlevering. For utførelse fremlegges et forslag for konstruksjon av fundamentet til banen (overbygningen) som kan fungere som utgangspunkt for entreprenøren. Man ser likevel at det oppstår mange deformasjoner eller baner som ikke oppfyller kravene, som et resultat av feil utførelse av overbygningen.

For å skape mer kunnskap innen bygging og drift av kunstgressbaner ble det satt i gang et samarbeidsprosjekt mellom blant annet Kulturdepartementet, NFF og NTNU ved SIAT.

Prosjektet ble kalt KG2021 med en total tidsramme på 3 år. Et utdrag av de spesifiserte målene er:

- Redusere spredning av mikroplast fra kunstgressbaner med 80 %
- Redusere materialstrøm med minst 50 %
- Redusere avrenning av tungmetaller med 90 %
- Oppnå gjenbruksandel på 60 %

1.2 Mål og tilnærming

Hovedmålet med oppgaven er å produsere en detaljbeskrivelse for bygging av en kunstgressbane. Med denne skal det følge arbeidstegninger for å vise hvordan banen er bygd opp. Denne skal kunne fungere som et supplement for byggherrer og tiltakshavere ved bygging av kunstgressbaner. Beskrivelsen skal kunne redegjøre for både valg av materialer og utføring av de ulike delene. Oppgaven skal ta for seg et aktuelt prosjekt/case der prosessen rundt bygging av en kunstgressbane gjennomgås. Som en del av detaljbeskrivelsen skal det utarbeides oppdragsbeskrivelse, som skal fungere sammen med beskrivelsen og tegningene, samt en beslutningsportal modell. Denne modellen skal rette seg konkret inn mot bygging av kunstgressbaner med spørsmål rettet mot å ivareta riktig prosjektering og utførelse.

Videre er det et ønske at oppgaven skal kunne føre til økt kunnskap rundt bygging av kunstgressbaner, som vil komme kommuner, idrettslag og entreprenører til gode. For gruppas egen del ønskes det at denne oppgaven skal gi økt generell kompetanse rundt bygg- og anleggsvirksomhet, samtidig som det gir en spesifikk kompetanse rundt bygging av idrettsbaner, som vil være fint å ta med seg inn i arbeidslivet.

Første fase av oppgaven vil bestå av litteraturstudium hvor det ses på bygging av kunstgressbaner og andre relevante emner. Relevante referanseprosjekt skal innhentes for å gi ett innblikk i ulik praksis. Senere i oppgaven skal det opprettes dialog med entreprenør for bistand inn mot prosjektering av banen. Sammen med kunnskap opparbeidet i bachelorstudiet, skal dette danne et godt grunnlag for å foreta gode fremtidsrettede valg av løsninger.

1.3 Problemstilling

Da kunstgress ble valgt som tema for oppgaven, dukket det opp ulike retninger som kunne forfølges. Det ble derfor jobbet en del med valg av problemstilling. Da det fins få oppgaver og studier knyttet til emnet, var det å velge en generell tilnærming naturlig. Problemstillingen gruppa kom frem til ble som følger;

«Utarbeidelse av detaljbeskrivelse med tilhørende tegninger, som skal kunne gi en komplett beskrivelse for bygging av kunstgressbaner»

Oppgaven vil ta for seg ulike fagområder og vurdere tema som baneoppbygning, vannhåndtering, utforming, lys og miljø.

1.4 Avgrensninger og omfang

Bygging av kunstgressbaner omfatter mange ulike områder innenfor bygg- og anleggsteknikk. Alt fra grunnundersøkelser til legging av kunstgressdekket, der hvert av områdene kunne vært en oppgave i seg selv. Med tiden gruppa har til rådighet er det derfor nødvendig å gjøre noen avgrensninger i oppgaven. Dette er gjort med hensikt i å belyse områdene som har størst innvirkning på ferdig produkt. Det er lagt vekt på tilgjengelig kunnskap og informasjon ved valg av områder for fordypning. De fleste av områdene vil likevel inngå i oppgaven, men i enkelte tilfeller baseres valg på standard løsninger.

Hovedfokus i oppgaven vil som nevnt ligge på valg av materialer i overbygningen og dets utførelse. Drenering er også utpekt som en annen prioritert oppgave. Valget av disse to hoveddelene skyldes deres innflytelse på funksjonaliteten til ferdig produkt. Det er også her feil prosjektering og utførelse vanligvis oppstår. Valg av kunstgressdekket har stor innvirkning på funksjonaliteten til banen, men egenskaper varierer fra leverandør til leverandør og mellom de ulike produktene. For oppgavens skyld og etter anbefaling fra veileder Bjørn Aas, ble det besluttet å ikke inkludere baner med syntetisk innfyll. Benyttet innfyll blir da organisk materiale eller baner uten innfyll. Dette er et valg basert på fremtiden, da bruk av uorganisk materiale er på vei til å bli faset ut. Denne avgrensingen er en stor del av miljøaspektet, som vil være en rød tråd gjennom hele oppgaven. I andre områder, som vedlikehold og inngjerding, vil det bli benyttet anbefalinger gitt i Kunstgressboka (10) og NFFs veileder for utforming av miljøvennlige kunstgressbaner (3). For lys på banen vil det bli benyttet et firma i Danmark, som vil foreta en lysberegning av banene. Med denne lysberegningen kommer forslag til utforming

av master og lysanlegg. Utover dette vil el-prosjektering kun bestå av infrastruktur for tilførsel til lysanlegget. Tilhørende bygg knyttet til banen, som klubbhus og tekniske installasjoner, vil ikke være en del av oppgaven.

I forbindelse med oppgaven søkte gruppa etter ett lokalt prosjekt som oppgaven kunne baseres på. Valget falt på Sjetne kunstgress, som er planlagt renovert/ombygd fra 11er bane til en 9er og 7er bane. For prosjektets verdi for videre bruk er det viktig å ta valg på generell basis selv om dette kanskje går mot noen av klubbens ønsker. Ferdig oppgave skal likevel kunne fungere som et fullverdig konsept for byggingen av banen på Sjetne og kunne bidra som et supplement for entreprenørene som får i oppdrag å bygge banen.

I forbindelse med undersøkelse av tomten ble det avdekket en rekke konflikter med eksisterende ledningsnett i grunnen. Dette inkluderer blant annet kommunale og private ledninger og rør. En omprosjektering av disse ledningstraseene er med hensyn til oppgavens varighet ikke inkludert. Parkeringsplassen inkluderes i prosjektet selv om denne ikke tilhører Sjetne IL, men Trondheim kommune. Et scenario er valgt, der en oppgradering/ombygging av parkeringsplass er et valg tatt i samråd med Trondheim kommune, selv om kommunen ikke har vært tilknyttet prosjektet.

2 Teori

Kapittelet om teori vil redegjøre for gjeldene begreper og løsninger som er i bruk i dag. Aktuelle lover og forskrifter vil fremkomme i kapittelet.

2.1 Kunstgress

Kunstgresssystemet består av to hovedkomponenter: Selve kunstgresset med sand/innfyll og dempesjikt(pad). Hver av disse komponentene virker forskjellig inn på de ulike funksjonene til banen.

2.1.1 Dempesjikt

Under selve kunstgressmatten finner man ofte et støtdempingssjikt i form av en matte/pad. Dette ble innført som et ledd i andre generasjon kunstgressdekke for å forbedre brukeropplevelsen, da baner uten pad kan oppleves som harde, sammenlignet med vanlig gress (1). Pad i kombinasjon med innfyll og fiberlengde, er komponentene med størst innvirkning på funksjonskravene til banen satt av FIFA (11, 12). Samspillet mellom disse er avgjørende for kvaliteten til det ferdige systemet. Man har sett at baner uten pad kan oppfylle funksjonskravene, men de fleste baner blir i dag bygd med pad (10). En studie gjennomført på vegne av FIFA har også konkludert med at baner uten pad krever adskillig hyppigere og bedre vedlikehold for å opprettholde samme funksjonalitet (13). Paden er mindre utsatt for slitasje enn kunstgresset, og har dermed en lengre levetid enn kunstgresset. Ofte blir paden beholdt ved skifte av kunstgress, som gjør det til en lønnsom investering (1).

Selve paden lages av gummi med en høyde på 10-35mm (1) og består i hovedsak av en blanding av gummigranulat og PU-bindemiddel (14). Både prefabrikkert og plasstøpt pad blir benyttet. Uavhengig av hvilken metode, settes det krav til planering av underbygningen og utleggelse av paden. Paden må også testes i laboratoriet og ved ferdig utleggelse for å sikre at krav oppnås. Blant de ulike spillerfunksjonene til banen som blir direkte påvirket av paden er deformasjon, støtdemping og ballsprett. Baner uten pad hadde vesentlig lavere verdier på disse områdene enn baner med pad, ifølge studien av Sánchez-Sánchez *et al.* (12). Studien konkluderer også med at RT-rotasjonsmotstand er sterkt avhengig av det elastiske dempesjiktet. Der rotasjonsfriksjonen mellom sko og underlag er direkte knyttet til spillernes akselerasjon og retningsendringer, som er viktige elementer i fotball.

2.1.2 Kunstgressmatta

Det øverste laget i en kunstgressbane er selve kunstgressmatta og består av fibre, backing, sand og evt. innfyll. Fibrene skal i hovedsak etterligne de individuelle gresstråene man finner i gressbaner. Det ideelle fibret skal være skånsomt og motstandsdyktig mot slitasje, der ødelagte fibre vil ha ringvirkninger på spillbarheten til banen og miljøet rundt (15). Fibrene blir utsatt for både kjemisk og mekanisk slitasje. Mekanisk slitasje omfatter kontakt mellom dekke og spillere/vedlikeholds maskiner, med økt nedbrytning ved mye bruk. Feil eller mangelfullt vedlikehold bidrar også til akselerert nedbrytning av fibrene (16). Misund og Orvik (17) viser at størst bidrag på kjemisk slitasje kommer fra kombinasjonen av UV-stråling fra sola og høye overflatetemperaturer. Bruk av banen i vintersesongen vil føre til akselerert forfall av banen som følge av økt bruk og vedlikehold. Fjerningen av snø og is i kombinasjon med temperaturforandringer og den mekaniske slitasjen ved økt antall brukstimer, vil føre til økt forfall (17).

En av hovedårsakene til forfall av kunstgressmatta ligger i kvaliteten til materialene, der krav til egenskaper kun omfatter deklarasjon i første driftsår (15). Kravene til produktkvalitet omfatter kun vekt, deklarasjon av materiale og konstruksjonsdetaljer. Langtidsegenskapene og holdbarhet til fibrene er dermed i mange tilfeller uklare. Erfaringer har visst et stort antall løse fibre på vedlikeholds maskiner og i granulatfiltre i drencsystemet (15). Mengden av disse fibrene bidrar til problemet med spredning av plastmaterialer fra kunstgressbaner til nærliggende grunn (18). Som en konsekvens av dette vil lengde og mengde av fibre i kunstgressmatten minke over tid, og dermed forkorte levetiden til selve matten.

Fiberstråets utforming og materialeegenskaper kommer i mange ulike varianter. Ulike råstoffer har blitt benyttet i produksjon av fibrene. Råstoffene består i hovedsak av polyamid, polypropylen, polyetylen eller ulike kombinasjoner av disse. Fiberens tverrsnitt og utforming varierer med produkt og ønsket egenskap. Produksjonsmetode spiller inn, der man i hovedsak har tre metoder: mono, multifilament og splittfilm. Det benyttes ofte en kombinasjon av disse som vist figur 1. For innfyllsfrie baner brukes det ofte to lag av fibre. Med fraværet av innfyll mister fibrene noe av stabiliteten og trenger dermed en annen utforming av fibrene for å holde seg oppreist. For produksjon av kunstgressmatter blir fibrene festet til en underlagsmatte eller

backing ved bruk av vevteknologi. Underlagsmatten består gjerne av lateks, polyetylen eller andre plastmaterialer (1).



Figur 1: Forskjellen på mono (venstre) og splittfilm fibre (høyre) (19).

Form og mengde på fibrene i matten varierer fra leverandør til leverandør. Parametere som masse matte (g/m^2), masse fibre (g/m^2), antall dusker/klynger (dusk/m^2) og densitet av innfyll (g/cm^3), spiller alle inn på egenskapene til banen ifølge Sánchez-Sánchez *et al.* (20). Av parameterne over, har studien vist at densitet på innfyll og antall dusker/klynger har den største innvirkningen på egenskapene til banen over tid. Sánchez-Sánchez *et al.* (12) viser til korrelasjon mellom lengde på fiber og mangel på pad. For å opprettholde kravene til støtdemping og deformasjon kreves det et tykkere lag med innfyll for å erstatte egenskapene til paden. Med ett tykkere lag vil fiberlengden måtte økes for å opprettholde fri fiberhøyde, som har sterk innflytelse på ballrullen til banen (11).

Selve kunstgressdekket kommer i ruller med ulik bredde og blir satt sammen med hjelp av limskjøter. Erfaring har vist at de svakeste punktene på banen er langs skjøtene (10). For å ivareta sikkerheten til spillerne, må matten sikres mot forskyvning under bruk. Her kommer sanden til nytte, som med sin tyngde holder matten på plass. Kantavgrensing og asfaltdekke rundt banen bidrar også til å holde banen på plass. For systemer uten bruk av sand må man forankre matten til underlaget. I figur 2 vises det eksempel på forankring av en kunstgressmatte.

En annen løsning på ankring, benytter seg av en kombinasjon av dreneringskanaler for overvann med klemming av matten (21).



Figur 2: Forankring av kunstgressmatte uten innfyll for å forhindre forskyvning (foto: Bjørn Aas).

2.1.3 Vedlikehold

For å opprettholde banens funksjonalitet er det kritisk med godt vedlikehold. Flere studier belyser viktigheten av godt vedlikehold på banen (10, 11). Dårlig eller feil vedlikehold vil akselerere nedbrytningen av dekket og forkorte levetiden betraktelig. Burillo *et.al* (22) har sett på innvirkningen av alder, vedlikehold og bruk av ulike baner. Resultatet av denne studien belyser påvirkningen dårlig vedlikehold, i kombinasjon med økt alder og mye bruk, har på levetiden til banen.

Vedlikeholdet kan deles inn i fire hoveddeler: rydding, slodding, oppmykning og etterfyll av granulat (10). Hyppigheten på de ulike delene varierer fra daglig/ukentlig rydding til dypoppmykning av banen, som har en hyppighet på omtrent hvert tredje år (23). I tillegg til rydding, er slodding av banen vedlikehold som burde gjennomføres ukentlig. Dette kommer av at granulatet forflytter seg ved mye bruk av banen. Spesielt rundt utsatte områder som straffemerket og i midtsirkelen, vil man se et underskudd eller overskudd av granulat (10). Ved slodding utlignes denne forskjellen og hjelper fibre med å holde seg oppreist. Den daglige/ukentlige ryddingen av banen kombineres med rensingen av banen, da mye av det finere rasket trenger ned i innfyllet i banen. Rensingen utføres med en spesialmaskin og gjennomføres månedlig til et par ganger i året. En dypere rens, der man trenger over dobbelt så langt ned i

banen, burde også gjennomføres 1-2 gang i året. Ved vinterbruk vil man også få et ekstra vedlikehold som innebærer fjerning av is og snø (23). Ved mye bruk vil innfyllet komprimeres over tid, noe som har innvirkning på mykheten til banen ved at banen blir hardere. Spillegenskaper som støtdemping og ballsprett vil bli direkte påvirket. En løsgjøring kan bidra til å opprettholde banens mykhet (24).

Som nevnt i innledningen forsvinner mye av granulatet fra banene hvert år. Da granulatet er en av de viktigste faktorene knyttet til funksjonaliteten til tredje generasjons baner, er det essensielt å opprettholde mengden av granulat i banen. Vanlig praksis er å etterfylle ved sesongstart og ved behov (10).

En hel del av de nevnte vedlikeholdsmetoder er knyttet til tredje generasjons baner med SBR-innfill. Overgang til organisk innfill vil ikke føre til vesentlig endringer i vedlikeholdsrutinene. En innfyllsfri bane vil derimot ha en del mindre behov for vedlikehold, da granulat ofte er hovedfaktoren bak vedlikeholdet. Med mindre vedlikehold vil det medføre betydelig reduserte kostnader for eieren av banen. Overslag gjort av ekstern veileder har vist en lavere levetidskostnad for innfyllsfrie baner som følge av mindre vedlikehold.

2.2 Overbygning

Fundamentet til banen, kalt overbygningen, omfatter alle lagene mellom traubunn og underkant dempesjikt. Riktig og god utførelse av overbygningen er essensielt for å sikre gode spillegenskaper til banen. Erfaringer fra entreprenør og ekstern veileder har vist en sammenheng mellom dårlige baner og feil i overbygningen, enten i dimensjonering eller utførelse. Feil kan få kolossale innvirkninger på økonomien, da vesentlige inngrep er nødvendig for å rette opp i eventuelle feil. Dimensjonering av overbygningen baseres på mange ulike faktorer: frostmengde, nedbør, dimensjonerende vedlikeholds kjøretøy og grunnforhold (10). Lagene i overbygningen består tradisjonelt av forsterkningslag, bærelag og avrettingslag (10, 14, 25). For kaldere klima, som i Norge, tilkommer også et frostsikringslag for å hindre skadelig telehiv i banen. For å oppfylle krav til jevnhet og drenering stilles det strenge krav til valg av materialer og komprimering av de ulike lagene. Som grunnlag for dimensjonering er det mange likhetstrekk mellom overbygning for vei og overbygning for kunstgressbaner (10, 26).

2.2.1 Grunnforhold og forsterkningslag

Undersøkelser av grunnforhold er kritisk for å bestemme bæreevnen til grunnen og dermed dimensjoneringen av banen (10, 26). Med bakgrunn i innhold og telefarlighet til grunnen, deles det inn i sju ulike bæreevnegrupper i henhold til tabell 512.1 i Håndbok N200 (26), vist i tabell 1. I tillegg til dette kreves en rekke andre undersøkelser, som test av grunnvannshøyde, for å kunne gi en komplett vurdering av grunnforholdene på stedet. For styrke av grunnen anbefaler FIFA en CBR (California bearing ratio) verdi på over 5 % (25), ellers må tiltak treffes for å sikre tilstrekkelig bæreevne. I henhold til Håndbok N200 krever enkelte grunnforhold spesiell vurdering. Dette gjelder leire med udrenert skjærfasthet $C_u < 25$ kPa og sand med graderingstall $C_u < 5$ (26). Selve vurderingen av grunnforhold og eventuelle forsterkninger bør utføres av eksperter (25, 26).

Telefarlighetsklassifisering				
Telefarlighetsklasse		Masseprosent av materiale < 22,4 mm		
		< 2 μ m	< 20 μ m	< 200 μ m
Ikke telefarlig	T1		< 3	
Litt telefarlig	T2		3 - 12	
Middels telefarlig	T3	¹⁾	> 12	< 50
Meget telefarlig	T4	< 40	> 12	> 50
Bæreevneklassifisering				
Undergrunn		Bæreevnegruppe		
Bergskjæring, steinfylling,	T1			1
Grus, $C_u \geq 15$,	T1			2
Grus, $C_u < 15$,	T1			3
Bergskjæring, steinfylling,	T2			3
Sand, $C_u \geq 15$,	T1			3
Sand, $C_u < 15$,	T1			4
Grus, sand, morene,	T2			4
Grus, sand, morene,	T3			5
Leire, silt, morene	T4			6
Myr				7
Andre materialer		Bæreevnegruppe		
Lettklinker, skumglass				4
Ekstrudert polystyren (XPS)				4
Ekspandert polystyren (EPS-blokker)				6

¹⁾ Jordarter med mer enn 40 % < 2 μ m regnes som middels telefarlig T3.

Tabell 1: Inndeling i bæreevnegrupper etter innhold og klassifisering av telefarlighet av undergrunnen i henhold til Håndbok N200 (26).

Topplaget i grunnen består ofte av humus, som er et organisk materiale fra nedbrutte dyr og organismer. Dette laget har svært lite styrke og er uegnet å bygge på (25, 26). Det stilles også krav til andel humus tillat i de ulike lagene i overbygningen (26). Utgraving av topplag og andre uønskede løsmasser er nødvendig for å komme seg ned til ett lag med ønsket styrke og stabilitet. Oppfyller ikke grunnen disse kravene må grunnen forsterkes med et forsterkningslag, der velgraderte materialer som kult eller pukk er mye brukt (26). For vei dimensjonert med

frostsikring av lettklinker, skumglass eller XPS antar man at nødvendig bæreevne er oppfylt, ref. tabell 1(26).

2.2.2 Frostsikring

Med klimaet i Norge, får man så store frostmengder at det er nødvendig med frostsikring i de aller fleste tilfeller (10). Kjernen bak frostsikring baserer seg på å hindre frosten å trenge ned i telefarlig grunn å gi telehiv. Behov for frostsikring baseres på telefarligheten til grunnen og frostmengde på stedet. Frostmengder er gitt i vedlegg 1 i Håndbok N200 (26) som angir årsmiddeltemperatur og frostmengde for kommunene i landet. Verdiene er basert på kommunesenter og det kan være individuelle forskjeller innad i kommunen. I kunstgressboka anbefales det å ta utgangspunkt i 10års vinteren, som betyr at det er 10 % sjanse for at man får mer frostmengde enn antatt (10). Det benyttes i hovedsak tre ulike grupper materialer som frostisolasjon:

- Stein, grus og pukk
- Lettklinker og skumglass
- XPS (ekstrudert polystyren)

Ulike faktorer spiller inn for valg av frostisolasjon. De ulike materialene har ulik isolasjonsevne og varierer i nødvendig tykkelse for å oppnå ønsket isolasjonsevne. Frostisolasjon med stein og pukk har lav isolasjonseffekt, som vil medføre store tykkelser for overbygningen. I henhold til Kunstgressboka anbefales det å benytte drenerende isolasjonsmaterialer på telefarlig grunn. Typiske materialer blir da skumglass og lettklinker (10). For XPS-plater legger entreprenør inn spalteåpninger mellom platene, for å øke vannstrømmingen gjennom laget.

2.2.3 Bærelag og avrettingslag

Over forsterkningslag og frostsikringslag legges bærelaget, som skal forhindre deformasjoner fra punktlaster på overflaten. Tyngre kjøretøy bør ikke inn på banen, da dimensjonerende styrke for overbygningen er beregnet på vanlig vedlikeholds kjøretøy (10). Anbefalt tykkelse på bærelaget ligger på 150-250 mm (10, 25). Velgraderte materialer er foretrukket for å sikre god binding mellom materialene. For bærelaget kan det være nødvendig med forkiling i toppen for å sikre god flate for avrettingslaget, som igjen skal sikre en god og jevn flate for utleggelse av

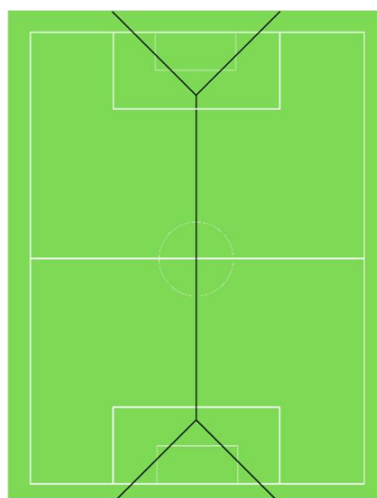
padden. Ellers i Europa benyttes det ofte drenerende asfalt som avrettingslag (12, 14, 27), mens det i Norge benyttes et avrettingslag av kompakt grus, der en fraksjon av 0/8 ofte blir brukt (10). Sánchez-Sánchez *et al.* (12) støtter bruken av kompakt grus som avrettingslag, da asfalt som underlag øker slitasjen på kunstgresset over tid.

2.2.4 Krav og komprimering

Alle kravene til overbygningens utførelse, utledes fra det strenge kravet til jevnhet på avrettingslaget, som skal ha samme fall som ferdig bane. I henhold til NS 15330-2013 (28) og Kunstgressboka (10) settes det følgende krav til overflaten på avrettingslaget og kunstgressdekket:

- Overflatejevnhet: 10 mm på 3 m rettholt
- Avviket fra teoretisk profil: ± 10 mm
- Krav til jevnhet: 4 mm på 1 m rettholt ved bruk av støtdempingssjikt (utstøpt eller prefabrikkert)

Standard fall på baner er takfall hvor det er 0,8-1,0 % fall fra midten og ut til sidelinjene. Ved bruk av takfall senkes banen 20-30 mm langs midtlinjen og trekkes 5 meter ut for å sikre en jevn overgang. Mellom målstengene skal det være konstant høyde mellom dekket og tverrliggeren langs hele bredden. Fallforholdene på en standard bane er vist i figur 3. Andre fallforhold kan aksepteres, hvis terrenget tilsier det, da på baner som ikke benyttes for toppfotball (10).



Figur 3: Fall på bane legges fra midten og ut til sidene. Jevnt fall fra straffemerket og ned til dødlinjen.

For å oppnå en god og jevn overflate er det viktig med riktig komprimering av alle lag. Ved komprimering tilfører valsen energi til underlaget. Dette gjør at materialet pakkes sammen og ligger ikke lengre løst lagret. Komprimeringen gjør at det blir mindre luft mellom hver enkelt stein som fører til at kontaktflaten øker og det blir større friksjon mellom steinene. Materialet får da bedre deformasjonsmotstand, lastfordelende evner og bæreevne (29).

Erfaringer fra entreprenør og ekstern veileder har vist at en for hardt komprimert overbygning, kan få vanskeligheter med å oppfylle kravet til drenering. For komprimering i henhold til Håndbok N200 (26) stilles det krav til komprimering i forhold til tørr densitet ved modifisert proctor for lag i veibygging. Gjennomsnittlig verdi for henholdsvis bærelag og forsterkningslag/frostsikringslag ligger på 99 % og 96 % med enkeltverdi på henholdsvis 94 % og 91 %. I FIFAs veileder anbefales det en verdi på over 95 % modifisert proctor (25). Ved komprimering bør man unngå nedknusing av materialer, der spesielt frostsikringslag av lettklinker og skumglass er spesielt ømfintlige (26).

Det skilles ofte mellom tre hovedtyper valser. Det er vals med en trommel, tandemvals og gummihjulsvals. Vals med en trommel har en ståltrommel med mulighet for vibrasjon foran. Tandemvals har to ståltromler og kan også brukes med vibrasjon. En gummivals består av gummihjul som står tett der for og bakhjulene overlapper hverandres spor. Gummivalsen har ikke vibrasjon og fungerer derfor dårligere på tykkere lag på tross av mulig stor totalvekt. Det finnes flere måter å justere komprimeringsenergien valsen gir: masse på valsen, vibrasjon (amplitude og frekvens), hastighet og antall overfarter gir mange variabler som kan justeres for å oppnå ønsket komprimering (29).

Et vellykket komprimeringsarbeid er avhengig av riktig utførelse. For bestemmelse av komprimeringsutstyr, krav til passeringer og maks tykkelse på laget benyttes NS 3458:2004 (30). Lagtykkelsen har mye å si for hvilken vals som velges med hensyn til tyngde på vals og vibrasjon. Ved komprimering av tynne lag som avrettingslag eller bærelag må man passe på at lagene under ikke påvirkes for mye. Her kan en løsning være at øverste del av laget under ikke oppnår tilstrekkelig stivhet før neste lag er komprimert. Da oppnår man også bedre forkiling og heft mellom lagene. Komprimeringen gjør at materialet synker sammen og materialet må legges med overhøyde. Hvor stor volumendringen er vil variere med materialet, et anslag kan sees i tabell 2 (29).

Steinfylling 25 %	Sand og grus 33 %	Silt 50 %	Leire 75 %
----------------------	----------------------	--------------	---------------

Tabell 2: Anslag for volumendring ved komprimering av ulike masser (29).

Alt av komprimeringsarbeid skal planlegges på forhånd. I en slik plan skal alle forhold som påvirker komprimeringen ligge inne. Ved større prosjekt (veiarbeider større enn 5000 m²) kreves det at valseprogram er utarbeidet etter målinger. Valseprogrammene kan være basert på målinger som platebelastning, nivellement, densitet eller responsmålinger fra vals. Ved et valseprogram skal man vise det antallet overfarter som kreves for å oppnå ønsket komprimering. For å kontrollere antall overfarter og hvor valsen har kjørt benyttes det GNSS - målinger som gir god kontroll over utført komprimering (26, 29).

Tilslag brukt i overbygningen bør oppfylle visse krav for at man skal kunne oppnå ønsket effekt. I veibygging stilles det en rekke krav til tilslagets egenskaper og fraksjoner. I tabell 631.1 (forsterkningslag) og 641.1 (bærelag) i N200 (26) kan man se hvilke krav som stilles til tilslaget. Kravene retter seg i hovedsak mot materialets mekaniske egenskaper, nedknusingsgrad og humusinnhold. I tillegg settes det krav til tilslagets korngradering, flisighet (form på kornene) og finstoffinnhold. En høy finstoffandel vil ha negativ innvirkning på permeabiliteten pga. en fortetting av laget. I kunstgressboka (10) og FIFAs veileder (25) settes det ingen krav til materialbruk.

2.3 Drenering

Drenering omfatter oppsamling og bortføring av overflatevann samt infiltrasjon av vann i grunnen. I forbindelse med kunstgressbaner handler dette om å sørge for at regnvann ikke samles opp i pytter på overflaten, men dreneres gjennom banen. Vannet bør så ledes bort av et drens-system eller infiltreres ned i grunnen gitt at dette er på frostfri dybde (10). Like viktig er det å sørge for at overflatevann fra tiliggende områder ikke finner veien til banen, men ledes bort. Med dagens klimautfordringer kan man vente seg kraftigere og hyppigere nedbørmengder i fremtiden. Ved dimensjonering av drens-systemet må man derfor legge fremtidig nedbør til grunn. Feil dimensjonering eller utførelse av drens-systemet kan ha drastiske økonomiske konsekvenser. Ved bytting/reparasjon vil man måtte fjerne store deler av banen,

og man må regne med store økonomiske utgifter som følge av dette. Ekstreme nedbørsmengder og flom kan ha katastrofale innvirkninger, som i Ålen i 2011. Der førte flom i den nærliggende elven Gaula til at hele den nye kunstgressbanen til fem millioner ble skylt bort (31). Dette er et eksempel på hvor mye skade klimaet kan utrette.

2.3.1 Ulike konsepter

Det finnes ulike konsepter for drenering av banen. Tradisjonelt legges drenerør i grøfter langs traubunn på tvers av banen (10). I andre land, som Storbritannia og Sverige, legges tradisjonelt drenerørene diagonalt (27, 32) eller i lengderetningen av banen (32). Senteravstand på grøftene varierer, men ligger som oftest i området 4-6 meter. Disse leder ut til samledrenerør med sandfangkummer langs ytterkantene av banen og videre ut av området (10). Senteravstand og dimensjon på drenerørene kan variere fra bane til bane, der man i Storbritannia kan ha senteravstand på inntil 10-15 meter, da riktignok med større dimensjon på rørene (33). En alternativ løsning er å sløyfe de tversgående drenerørene og heller la vannet drener langs traubunn i et lag med drenerende masser. Bakgrunnen for denne metoden er at drenerørene kan gå tette over tid. Uten drenerør settes det større krav til traubunn, som må vales og ha lik helning som ferdig bane (10). Uavhengig av metode vil vann kunne infiltreres ned i grunnen, hvor mengden avhenger av massene i grunnen (34).

Hvilken metode som passer best, avhenger av lokale nedbørsforhold. For områder med lite nedbør kan det ifølge FIFAs veileder for drenering (25) tas i bruk horisontal drenering. Nedbøren som faller på banen vil dreneres horisontalt langs banen, enten i topp av overbygningen eller i overkant av kunstgressmatta og ut til dype drenergrøfter. Her kreves det en ugjennomtrengelig membran eller kunstgressmatte uten hull for å hindre nedbør i å trenge ned i overbygningen. Teorien bak denne metoden baserer seg på at telehiv ikke vil oppstå ved fravær av vann i overbygningen. Likevel nevnes det i Kunstgressboka (10) flere eksempler ved bruk av denne metoden, der vann trenger inn i overbygningen, og telehiv likevel oppstår. I henhold til NS-EN 15330 (28) settes det krav til drenering av banen for godkjenning av spillemidler. Ferdig bane skal minimum kunne drenerer en vannsøyle på 180 mm gjennom banen i løpet av en time (35). Dette kravet gjelder alle lagene i banen, fra kunstgressmatten og padden til alle lagene i overbygningen. For kunstgressmatten blir dreneringsegenskapene opprettholdt ved at det stikkes hull i matten for å la vannet passere.

2.3.2 Infiltrasjon og fordrøyning

I studien av Simpson *et al.* (33) undersøkte man hvor mye vann som endte opp i dreneringssystemet ut ifra dimensjonert mengde. Studien indikerer at svært lite av nedbøren som faller på banen havner i dreneringene. Man har dermed et mulig overdimensjonert system. I etterkant av dette ble det utført en doktorgradsavhandling av Simpson (27) rundt drenering av kunstgressbaner. Her ble ulike baner, alle tredje generasjons, utstyrt med måleinstrumenter for å måle utslippene fra banene. I laboratoriet ble de ulike lagene i overbygningen undersøkt for å finne de karakteristiske egenskapene, for å forstå årsakene til de lave utslippene. Resultatene fra studien viser at kunstgressbaner har mange likheter med permeable dekker, som er et tiltak brukt i lokal overvannshåndtering for infiltrasjon av overvann ned i grunnen. I tillegg ble det belyst muligheten for å benytte banen som et fordrøyningsbasseng, da det er store volum i overbygningen som potensielt kan brukes til lagring av vann.

Infiltrasjon:

Infiltrasjon av vann ned i grunnen er et kjent begrep innen lokal overvannshåndtering. Med stadig økende urbanisering med fortetting av overflater fører dette med seg en økende belastning på overvannssystemet i byer og tettsteder (36). For å redusere belastningen på overvannssystemet vil man anlegge dekker med åpen struktur for at vann skal kunne trenge gjennom og ned til grunnen. Ikke alle områder er egnet for infiltrasjon i grunnen. Enkelte jordarter har lav hydraulisk ledningsevne som ikke gir mulighet for infiltrasjon. I henhold til Johnsen (34) varierer infiltrasjonen i fuktig jord fra 1,2 mm/t for grus til tilnærmet 0 mm/t for leire. For baner bygget på leire kan man i hovedsak se bort fra infiltrasjon ned i grunnen.

Fordrøyning:

I mange tilfeller vil man ha begrensinger på tillatt påslippsmengde på kommunalt nett som setter føringer for utforming av dreneringssystemet (37). Ofte vil nedbørsmengdene overskride denne utslippsmengden og man er avhengig av fordrøyning.

Dette innebærer en forsinkelse og lagring av vannet. Forsinkelsen av vannet skal sørge for å begrense avrenningstoppene ved å sørge for lavere strømningshastighet på vannet. For kunstgressbaner vil banens oppbygning sørge for en naturlig fordrøyning av vannet (27). Der friksjon og lagring av vann i hulrom spiller inn på vannets strømningshastighet. Blir

strømningshastigheten gjennom lagene for lav kan det gå ut over funksjonaliteten til banen. En rekke baner i Norge har blitt ombygget pga. for tett overbygning. I doktorgraden av Simpson (27) ble fordrøyningen av vann på kunstgressbaner nøye undersøkt. En rekke elementer ble funnet å ha innvirkning på fordrøyningen. Det ble observert trykktap i overgang kunstgress og pad som følge av absorpsjon på overflaten av innfyllet, som medfører en større vannmengde for å igangsette infiltrasjonen ned i banen. For paden fant man en forskjell mellom prefabrikkert og plaststøpt, der plaststøpt hadde en høyere gjennomtrengelighet, som i hovedsak skyldes sikrere produksjonsforhold ved prefabrikking.

Tilslaget benyttet i overbygningen, spesielt i bærelag og forsterkningslag, har en stor porøsitet som åpner for lagring av store mengder vann. For grove steinmaterialer med lite finstoff kan man regne med en porøsitet på 30 % (36). For de andre lagene i overbygningen vil porøsiteten være adskillig lavere. Man kan likevel regne med noe lagring/absorpsjon i både paden og kunstgressmatten (27). For isolasjonsplater har Stagrum (38) beregnet en verdi på 0,18-0,34 % for absorpsjon av vann over en lengre periode. Slike verdier vil bidra minimalt på totalt lagringsvolum. Lagring i drengrofter og rør må også tas i betraktning. Hvor stort volum man til slutt sitter igjen med varierer med oppbygging av overbygningen. Forsterkningslag og frostsikringslag gir mulighet for store lagringsvolum. For frostsikringslag vil lettklinker gi en større lagringsmulighet enn XPS, gitt dens store porøsitet.

2.3.3 Frost

I kaldere klima, som i Norge, vil baner oppleve endrede dreneringsegenskaper som følge av frost. Ved temperaturer under frysepunktet vil det i de fleste tilfeller skje en blokkering av porene i jorda, som vil redusere infiltrasjonsevnen. Man skiller mellom to typer frost: porøs og betongfrost (36). Ved porøs frost sørger et lavt vanninnhold for at porene i jorda er fylt med luft i stedet for vann, som åpner opp for infiltrasjon. Motsatt vil en situasjon med høyt vanninnhold sørge for en blokkering av porene og minimal infiltrasjon. I henhold til Statens vegvesens Håndbok N200 (26), kan frosset jord gi avrenning på nivå med bart fjell og asfalt. I en slik situasjon vil drenering vertikalt gjennom dekket være blokkert og overvannsystemet rundt banen må ta seg av overvannet. I NFFs veileder Kunstgressboka (10) anbefales det at overvannsrørene legges på frostfri dybde eller isoleres for å ikke gå tette i disse periodene. For overvann fra omliggende områder anbefales det lede dette bort via grøfter før det kommer inn på baneområdet (10).

2.3.4 Miljøsikring av drencsystem

Et stort problem knyttet til drenering av tredje generasjons kunstgressbaner er utslipp av granulat via vannveien fra banen. Hvert år etterfylles det flere tonn med granulat på hver enkelt bane. En del av dette etterfyllet skyldes at granulat havner i overvannsrørene til banen, der de videre ender opp i naturen. Som tiltak mot dette lanserte NFF en egen veileder for å hindre spredning av gummigranulat fra kunstgressbaner i Norge (3). Hovedpoenget med denne veilederen er å sørge for at mest mulig granulat holdes på baneområdet. I samsvar med drenering pekes det på tre tiltak:

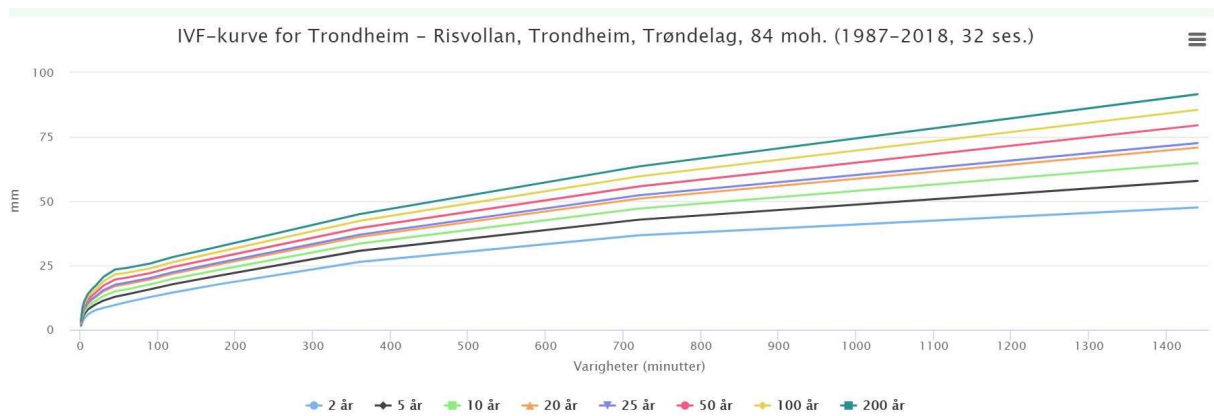
- God drenering gjennom banen
- Sikre fallforhold på snølager og sikkerhetssoner
- Installere granulatfilter eller dekke sluk og kummer med kunstgress

For drenering gjennom banen opptrer lagene i overbygningen som et naturlig filter der granulatet ikke slipper gjennom. Riktig fallforhold sikrer at nedbøren som faller på banen blir fanget opp av banens drencsystem. I den ytre delen av sikkerhetssonen er det ofte anlagt asfalt/betong med kummer og sluker. Her kan man trekke kunstgresset helt ut og dermed dekke over kummene/slukene. Evt. kan det installeres granulatfilter i kummer og sluker som samler opp granulatet før det havner i systemet. Denne dreneringsproblematikken er fortrinnsvis knyttet til baner med gummigranulat.

2.4 Beregning av overvannsmengde

2.4.1 Datagrunnlag

Valg av datagrunnlag spiller en viktig rolle i beregning av overvannsmengde. Grunnet store regionale forskjeller i nedbør bør det benyttes lokale data som grunnlag i beregningene (39). Datagrunnlaget er et resultat av registrerte målinger på værstasjoner, ofte fremstilt som IVF-kurver, som står for intensitet, varighet og frekvens (40). Disse kurvene fremstiller mengde nedbør som et resultat av varighet og gjentakintervall som vist i figur 4. For mindre nøyaktige beregninger og mer generelle data kan IVF-kart benyttes, som viser geografiske nedbørsdata for store områder (39). For valg av IVF-kurve bør flere betraktninger tas, som avstand til værstasjon, tidsperiode for målingene og størrelsen på datagrunnlaget (antall sesonger) (40).



Figur 4: IVF-kurve som viser forventet nedbør som resultat av varighet og gjentakintervall på nedbøren (41).

2.4.2 Konsentrasjonstid

Andersen *et.al* (1983) beskriver konsentrasjonstid som følgende: «Konsentrasjonstiden for et felt er den tid det tar for vannet å bevege seg gjennom dreneringssystemet fra de fjerne delene av feltet til utløpet» (42). Dette inkluderer tid på overflaten (T_s) og i grøft/rør (T_l) som vist i likning 1.

$$T_k = T_s + T_l \quad (1)$$

T_k = Konsentrasjonstid [min]

T_s = Tid på overflaten [min]

T_l = Tid i grøft/rør [min]

En rekke metoder kan benyttes for bestemmelse av konsentrasjonstiden. Valg av metode avhenger av størrelse på nedbørsfeltet og dets egenskaper (39). Mange av metodene er tilknyttet veibygging i ulike sammenhenger med ulike metoder beskrevet under:

Schall *et al.* (43)

$$t_k = 6,9 \frac{L_F^{0,6}}{M^{0,6} i^{0,4} I^{0,3}} \quad (2)$$

t_k = Konsentrasjonstid [min]

i = Nedbørsintensitet [mm/t]

M = Manningstall [$m^{1/3}/s$]

L_F = Feltlengde [m]

I = Helning [m/m]

Bruksområde for denne likningen er små felt med $L_F < 100$ m og er basert på en diffus avrenning for nedbørsfeltet.

Den pragmatiske metoden

$$t_{k,prag} = \frac{L_F}{v} \quad (3)$$

t_k = Konsentrasjonstid [time]

L_F = Feltlengden [km]

v = Gjennomsnittlig vannhastighet

Metoden er basert på en antagelse om at gjennomsnittlig vannhastighet i feltet er på 1-2 m/s (44). Denne metoden brukes felt over 5 km² (45).

Nomogram og formler

Ved hjelp av nomogram og evt. formler, kan man bestemme tilrenningstid og tid i grøft/rør (37). For mindre felt og strekninger kan man forenkle beregningen av tid i rørene ved å anta en vannhastighet i rørene som vist i likning 4 (46).

$$T_L = \frac{L}{v_{ant}} \quad (4)$$

T_L = Tid i rør

L = Lengde på rør [m]

v_{ant} = Antatt vannhastighet [m/s]

2.4.3 Valg av metode

Valg av metode for beregning av vannmengde tilpasses hvert ulikt felt (39). Det er forbundet stor usikkerhet til resultatet av vannmengden i disse beregningene (26). Det anbefales derfor å benytte flere ulike metoder, der dette er hensiktsmessig, for å kunne gjøre en grundig vurdering av vannmengden.

Den rasjonelle formelen:

Den rasjonelle metoden er en metode som brukes for beregning av avrenning fra små felt (46). Metoden brukes på felt med størrelse opp til 50 ha (0,5 km²) (39).

$$Q = K * \Phi * I * A \quad (5)$$

Q = Vannmengde [L/s]

K = Klimafaktor

Φ = Avrenningskoeffisient

I = Nedbørsintensitet [L/s*ha]

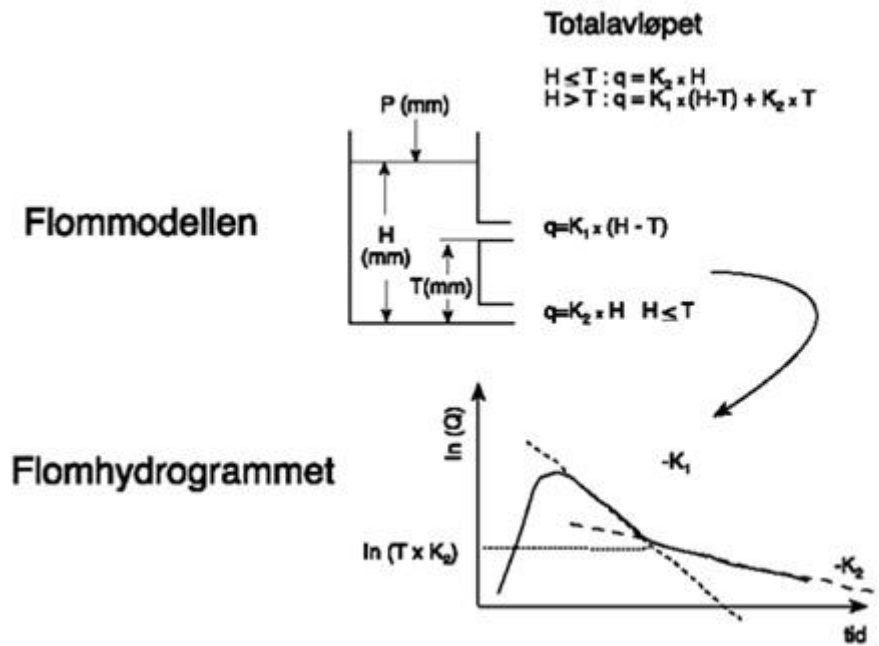
A = Nedbørsfeltets areal [ha]

Avrenning fra feltet er avhengig av en rekke forhold. Infiltrasjon, overflatens beskaffenhet, vannmengde og fallforhold spiller alle inn på avrenningen (37). Ved beregning av felt som ikke er homogene benyttes en midlere verdi av avrenningsfaktoren som vist i likning 6 (46). For valg av avrenningsfaktor er det ofte gitt standardverdier for ulike overflater, som asfalt eller parkområde (39). Lokale myndigheter har ofte egne verdier for avrenning i sin VA-norm (37).

$$\Phi = \frac{A1 * \Phi1 + A2 * \Phi2 + \dots + An * \Phi n}{A1 + A2 + \dots + An} \quad (6)$$

PQRUT-modellen

PQRUT- modellen er en nedbørs-avløpsmodell som beregnes ut fra et fastlagt nedbørsforløp (45). Utregningen baserer seg på et felt som har to utløp med nedstrøms vannføring. I tillegg kreves det en rekke felttester for å kunne fastslå vannmengden ved bruk av denne metoden (26). Størrelse på felt for denne metoden er på inntil 200 km² (39).



Figur 5: PQRUT-modellen

$$K_1 = 0,0135 + 0,00268 \cdot H_L - 0,01665 \cdot \ln A_{SE} \quad (7)$$

$$K_2 = 0,009 + 0,21 \cdot K_1 - 0,00021 \cdot H_L \quad (8)$$

$$T = -9,0 + 4,4 \cdot K_1 - 0,6 + 0,28 \cdot q_N \quad (9)$$

K_1 = Tømmekonstant for øvre nivå [tid-1]

K_2 = Tømmekonstant for nedre nivå [tid-1]

T = Skille mellom øvre og nedre nivå [mm]

H_L = Relieff-forhold [m/km]

L_F = Feltaksens lengde [km]

A_{SE} = Effektiv innsjøprosent [%]

q_N = Midlere spesifikt årsavløp [$l/s \cdot km^2$]

Modellen baseres i hovedsak på tømmefaktor for to ulike utløp i forskjellig høyde samt avstanden mellom disse. Dette er for at det skal være en forsterkning på avrenningen ved en overskridelse av en gitt vannmengde, som representeres ved avstanden mellom utløpene. Som følge av dette gir formelen en underdimensjonert mengde for mindre nedbørsfelt og en overdimensjonert mengde for store felt (39).

Middelregnetoden

Middelregnetoden tar utgangspunkt i en middelvei av nedbør. Ved å ta middelvei av alle nedbørsmengder over 0,4 mm med oppholdsperiode på minst en time, vil man kunne gi et estimat på nedbørsmengden (39). Basert på tall fra andre nedbørsfelt kan man sette opp en empirisk sammenheng for å beregne vannmengden (47). Denne metoden blir ofte benyttet for dimensjonering av rensetiltak (26).

2.5 NS 3420

NS 3420 brukes til å utarbeide beskrivelser og mengdelister og er en av de viktigste standardene innenfor bygg og anleggsnæringen. Den brukes for kalkulasjon av forespørsler, under utførelse, avviklingsfasen og som konkurransegrunnlag. Standarden kan også brukes til å bedømme kvaliteten på byggearbeidet gjennom spesifisering og krav til materialer og utførelse. Ved eventuelle tvister kan mengdebeskrivelsen være med på å avgjøre hvem som sitter med ansvaret. Det er derfor viktig at beskrivelsen er så tydelig som mulig og innehar en komplett beskrivelse av arbeidene, slik at tvister unngås (48). Et utdrag av oppsett for en mengdebeskrivelse er vist i Figur 6.

Prosjekt: Mengdebeskrivelse grunnarbeid		29.04.2021			
Kapittel: 02 Fjerning av eksisterende dekke		Side: 02 - 1			
Postnr	NS-kode/Teikst	Enhet	Mengde	Pris	Sum
02	<p>Fjerning av eksisterende dekke</p> <p>Generelt: Arbeidene skal utføres etter NS 3420 utg. 1(2019) dersom ikke annet fremgår i beskrivelsene av postene. Følgende tekst inngår som en del av de beskrivende poster:</p> <p>Eksisterende kunstgress: Eksisterende bane er en 3G bane med sand og SBR innfyll med tilhørende dempesjikt. Banen ble bygget i 2006 og er 50x90m.</p> <p>Arbeidsomfang: Arbeidet omfatter fjerning, transport og levering av eksisterende kunstgress og friidrettsdekke. Sand og granulater skal fjernes fra dekket før kunstgressmatten og dempesjiktet fjernes.</p> <p>Håndtering/levering: Demontert/ivd materiale skal leveres til godkjent mottak. Opplastning må skje på en slik måte at SBR ikke spres utenfor baneområdet. Dokumentasjon ved sertifikat på levert materiale til godkjent mottak skal fremskaffes av entreprenør.</p>				
02.1	<p>JM1.11A KUNSTGRESSDEKKE</p> <p>Areal</p> <p>Lokalisering: Sjetne kunstgressbane</p> <p>Andre krav:</p> <p>a) Omfang og prisgrunnlag Fjerning av hele kunstgresssystemet. Dette inkluderer infyll og dempesjikt.</p> <p>Antatt vekt: Dempesjikt: 0,5-0,7 kg/m² Kunstgressmatte: 2 kg/m² Sand: 15 kg/m² SBR: 8-10 kg/m²</p>	m ²	4 876.0		
02.2	<p>ZB7.91A RIVING AV FAST DEKKE</p> <p>Areal</p> <p>Dekketype : Friidrettsdekke Total dybde : Til og med 50 mm</p> <p>Lokalisering: Sør for banen Spesielle forhold: Antatt dekke av SBR og EPDM</p> <p>Andre krav:</p> <p>a) Omfang og prisgrunnlag Omfatter riving av 60 meter lang friidrettsbane langs sørsiden av banen. Bredder 6 meter</p>	m ²	360.0		

Figur 6: Utdrag av mengdebeskrivelse for Sjetne Kunstgress, som viser kode for posten med tilhørende krav og mengdeenheter og verdi for posten.

Standarden er systematisert gjennom postnummer som går fra 01 og utover med tilhørende underpunkt. I starten av hvert hovedkapittel skal det være en generell del. Videre legger man inn poster med tilhørende kode som viser hvilke krav og materialer som er gjeldene. Kodene er basert på standard arbeid for ulike komponenter og arbeider. Arbeidene vil i noen tilfeller ikke ha en passende kode. Løsning er da å ta den koden som beskriver arbeidene i størst grad og gjøre ytterligere spesifikasjoner i posten, utført under andre krav. For avvik fra koden eller ekstra krav markeres dette med en A på slutten av koden. Ved utleggelse på anbud kan da entreprenør enkelt fylle inn pris på sitt tilbud opp mot hver enkelt post basert på mengdene beskrevet (48).

2.6 Funksjonskrav toppdekket

Det finnes mange krav man må forholde seg til når kunstgressbaner bygges. Disse er der for å sørge for at ønsket kvalitet på banene oppnås. Disse inkluderer bl.a. grunnforhold, permeabilitet og banens funksjonsegenskaper.

De viktigste normene og standardene for beskrivelse av funksjonskrav er *NS-EN 15330*, *Nordisk Norm*, *FIFA Quality* og *FIFA Quality Pro*. Kulturdepartementet har i tillegg satt sine egne krav for tildeling av spillemidler. *NS-EN15330* er den felles europeiske standarden for idrettsdekker med kunstig dekke. Denne er laget for ulike idrettsformål og omfatter ulike krav til kunstgressbaner av ulikt slag. Nordisk Norm er de nordiske fotballorganisasjonenes krav til kunstgress for fotball. Dette er krav som ofte gjelder for baner på litt lavere nivå i Norden. *FIFA Quality(FQ)* og *FIFA Quality Pro(FQPro)* er FIFA sine krav for kunstgressbaner. FQPro er den strengeste av disse standardene og blir brukt for spill på elitenivå, mens FQ har litt snillere krav (49).

Hvilke standarder man skal benytte seg av, avhenger av hvilket nivå banen skal brukes til og hvilken standard og kvalitet man ønsker på banen. For konkurranser på toppnivå, stilles det høyere krav enn til kamper på lavere nivå. Hvilket land man befinner seg i vil også ha betydning for hvilken standard man skal forholde seg til (50). Gjeldene krav i ulike land er vist i tabell 3.

En oversikt over krav i ulike Europeiske land er slik pr 1. januar 2020:

Men	Level	Norway	Sweden	Denmark	Germany	Netherlands	France	Belgium	UK
	Elite	FQPro	FQPro	FQPro	EN-DIN	KNVB2-15	EN-DIN	EN-DIN	EN-DIN
	1.div	FQPro	FQPro	FQPro	EN-DIN	KNVB2-16	EN-DIN	EN-DIN	EN-DIN
	2.div	FQPro	Nordic	FQPro	EN-DIN	KNVB2-17	EN-DIN	EN-DIN	EN-DIN
	3.div	FQPro	Nordic	FQ	EN-DIN	KNVB2-18	EN-DIN	EN-DIN	EN-DIN
	4.div	Nordic	Nordic	FQ	EN-DIN	KNVB2-19	EN-DIN	EN-DIN	EN-DIN
	Others	Nordic	Nordic	FQ	EN-DIN	KNVB2-20	EN-DIN	EN-DIN	EN-DIN
Ladies	Level	Norway	Sweden	Denmark	Germany	Netherlands	France	Belgium	Switzerland
	Elite	FQ	FQPro	FQPro	EN-DIN	KNVB2-15	EN-DIN	EN-DIN	EN-DIN
	1.div	Nordic	Nordic	FQPro	EN-DIN	KNVB2-16	EN-DIN	EN-DIN	EN-DIN
	2.div	Nordic	Nordic	FQ	EN-DIN	KNVB2-17	EN-DIN	EN-DIN	EN-DIN
	3.div	Nordic	Nordic	FQ	EN-DIN	KNVB2-18	EN-DIN	EN-DIN	EN-DIN
	4.div	Nordic	Nordic	FQ	EN-DIN	KNVB2-19	EN-DIN	EN-DIN	EN-DIN
	Others	Nordic	Nordic	FQ	EN-DIN	KNVB2-20	EN-DIN	EN-DIN	EN-DIN

* Standard in Netherlands close to Nordic Norm and EN 15330-1

Tabell 3: Krav til kunstgress for ulike divisjoner i et utdrag av Europeiske land (49).

De fleste som bygger baner i Norge, er avhengig av spillemidler for å finansiere banen. For å få tildelt dette må man oppfylle visse krav til kvaliteten på banen. Disse testen skal utføres tidligst 2 måneder etter overlevering av banen, men innenfor 12 måneder. Testene skal oppnå krav vist i tabell 4, som også referer til gjeldene standard for testmetode (28).

	Egenskap	Krav	Anm.	Testmetode
1	Ballsprett	45–75 % (0,6–1,0 m)		NS-EN 12235
2	Ballrulle	4,0–10,0 m 4,0–12,0 m	Ny bane Ny test etter 5 år	NS EN 12234
3	Støtdemping	55–70 %		NS-EN 14808
4	Vertikal deformasjon	4–9 mm		NS-EN 14809
5	Rotasjons-motstand	25–50 Nm		NS-EN 15301-1
6	Vanngjennomslippelighet ²	≥ 180 mm/h		NS-EN 12616
7	Planhet	≤ 10 mm under 3,0 m rettholt		NS-EN 13036-7

Tabell 4: Krav til kunstgressbane med tilhørende testmetode for tildeling av spillemidler (35).

Testene er ment å kunne verdifeste de viktigste komponentene for spillekvaliteten til banen. Tester av ballsprett og ballrulle skal teste hvordan ballen oppfører seg under spill. Det er her satt grenseverdier som testene må være innenfor. Støtdemping og vertikal deformasjon skal sikre riktig mykhet på banen, mens rotasjonstesten skal gi optimal friksjon, så man unngår å skli eller sette seg fast. Testen av vanngjennomslippelighet (permeabilitet) skal sikre at vann på banen dreneres gjennom dekket, så det ikke blir stående vann på overflaten ved kraftig nedbør (50, 51).

2.7 GIA-modellen

Med antall idrettsanlegg som bygges i Norge hvert år, er det utarbeidet en veileder rettet mot klubber og organisasjoner. Veilederen har navnet GIA-modellen og skal gi detaljerte råd og tips rundt bygging og drift av idrettsanlegg i Norge. Modellen ble først introdusert i 2013, gjennom faget *TBA 4531 Prosjektledelse fordypningsprosjekt* ved NTNU. Den ble videre utviklet gjennom masteroppgaven «Prosjektmodell for idrettsanlegg» av Nina Regine Stien (52), titulert IA-modellen. Videre ble modellen utviklet i forbindelse med det samme faget av Emil W. Strømsodd til slik den framstår i dag (53). Modellen ble nå omdøpt til GIA-modellen og finnes

på Gode idrettsanlegg sine nettsider. Modellen er imidlertid fortsatt i utvikling og man vil nok se både mindre og større endringer i tiden framover (54).

Modellen bygger på *stagegateprinsippet*, som innebærer at man etter hver deloppgave har en beslutningsport. Stagegateprinsippet ble introdusert av Robert G. Cooper i 1990. Prinsippet er senere brukt i mange prosjektmodeller i ulike bransjer. Denne beslutningsporten skal sikre at oppgaven er løst etter gjeldende krav. For at man kan gå videre i prosessen må disse kravene oppfylles, hvis ikke må man gjøre utbedringer før man går videre. For at en slik modell skal fungere må man ha klart for seg hvilke krav som må oppfylles og hvordan man skal kunne kontrollere at disse er oppfylt. Dette skal sørge for at man hele tiden vet hvem som har ansvar for hva og sikre at ønsket kvalitet oppnås (54).

BP 1.2

Prosjektnavn: _____

Ansvarlig for beslutningsporten: _____

Deltakere i beslutningsporten: _____

	Ja/Nei	Dato	Sign
1.2.1. Har man gjennomført en behovsanalyse?			
1.2.1.1. Har man oversikt over hele idrettstilbudet i klubben?			
1.2.1.2. Har man oversikt over hvilke anlegg som finnes i nærområdet?			
1.2.1.3. Har man vurdert samarbeid med naboklubber om et felles idrettstilbud?			
1.2.1.4. Har man vurdert samarbeid med naboklubber om anlegget?			
1.2.1.5. Har man tatt høyde for det behov som kan oppstå i fremtiden?			
1.2.2. Har man gjennomført en forhåndskonferanse med idrettene i klubben?			
1.2.2.1. Har man etablert en brukergruppe innad i klubben?			
1.2.2.2. Er alle de aktuelle idrettene representert i denne brukergruppen?			
1.2.3. Har man definert formålet med anlegget?			
1.2.3.1. Ønsker man et rent treningsanlegg?			
1.2.3.2. Nasjonalt konkurranseanlegg?			
1.2.3.3. Internasjonalt konkurranseanlegg?			

Figur 7: Utdrag fra GIA modellen med spørsmål og felt for å kontrollere gjøremål (55).

GIA-modellen er delt i fire hovedfaser: idé, prosjektering, utførelse og drift som hver igjen har underfaser. Hver av de ulike fasene skal representere relevante arbeider knyttet til prosessen ved anleggelse av idrettsanlegg.

GIA-modellen ble hovedsakelig utviklet for at idrettslag skal kunne sikre at de får anlegget de ønsker, men kan også brukes av andre aktører. Selv om modellen er utviklet slik at man hele veien må oppfylle visse krav for å kunne gå videre i prosessen er det viktig å huske at hvert

enkelt prosjekt er forskjellig. Modellen kan derfor ikke brukes slavisk og enkelte deler kan det være man må kutte ut da de ikke er relevante eller uegnet for prosjektet (55).

2.8 Lys og diverse

2.8.1 Lys

Kravene til lys blir bestemt av NS-EN 12193:2018, som er standarden for idrettsbelysning (56). Standarden setter krav for tildeling av spillemidler for baner i Norge. Basert på denne standarden og FIFA sine krav, har NFF laget et belysnings sertifikat for alle norske baner, fra eliteserien til breddefotballen. Kravene til lys inneholder bl.a. vertikal belysningsstyrke, horisontal belysningsstyrke og maksimalt blendingstall (57).

Norske byer og tettsteder sliter med at lys brukes ukritisk og kunnskapen rundt temaet er begrenset. Feil bruk kan føre til sjanse og være helseskadelig. Der kunstgressbaner legges i boligstrøk eller andre urbaniserte områder kan lysforurensing fra banens flomlys bli et problem. Det er blant annet funnet uønsket mye strølys gjennom stuevinduer fra kunstgressbaner (58). For å sikre at dette unngås er det lagt inn krav til lysforurensning fra idrettsanlegg i NS- EN 12193. Kravene vil her variere ut ifra hvor banen ligger, der byområder har strengere krav enn baner som ligger mer landlig (56).

2.8.2 Gjerder og sikkerhetssoner

For å hindre uønsket ferdsel inn på banen, bør det opprettes gjerder rundt banen. Minimum høyde på disse er en meter, med sluser eller porter for adgang til banen. For å sikre at alle skal ha mulighet til å benytte anlegget, må det utformes med universell utforming. Dette innebærer at sluser og porter er dimensjonert for rullestolbrukere. Gjerdene kan kombinere ulike formål, med kantavgrensing rundt banen for å hindre granulatsvinn. I tillegg bør reklameskilt kunne festes på gjerdene. Bak målene kombineres ofte gjerdene med ballfangernett, som skal sørge for å fange ballene og hindre skade på bakenforliggende konstruksjoner og kjøretøy. Ved regelmessig spill på 7er eller 5er bane på tvers av 11er bane bør det anlegges ballfangernett bak disse målene (10).

Gjerder skal plasseres utenfor sikkerhetssonen, som er området utenfor den oppmerkede banen som skal være fri for hindre. Fysiske hindre som lysmaster, lysfundamenter og innbytterbenker må plasseres utenfor denne sonen. Bredden på denne sonen er på minimum 4 meter for sidelinjen og minimum 5 bak mållinjen, der den kan senkes til 3 meter bak hjørneflagget. Minimum 3 meter av denne bredden, sett fra banen, skal være med kunstgress. Disse kravene gjelder for baner med størrelse på 45 m x 90 m og større. For baner med mindre dimensjon enn dette skal sikkerhetssonen være på minimum 3 meter der 2 meter skal være kunstgress (10).

2.8.3 Vanningsanlegg

Behov for vanningsanlegg på kunstgressbaner skyldes den høye temperaturen i dekket på varme sommerdager. Temperatur på kunstgressbaner har gjennom målinger vist en betydelig høyere temperatur enn gressbaner, med opptil 25 °C forskjell (59). Høyeste temperatur målt varierer fra 70 °C (10, 60) til 90 °C (61). Økt slitasje og dårligere spilleforhold opptrer når temperaturen i dekket stiger til disse verdiene (10). Med et vanningsanlegg kan man redusere noen av disse virkningene. Vanningsanlegget bør utføres med skjulte spredere utenfor banen der et tilstrekkelig vanntrykk kan oppnås. En annen rimeligere metode er å ha pop up spredere i banen. Her kan man ha lavere vanntrykk, men man må imidlertid ha vannrør i bakken under kunstgresset (10). Et vanningsanlegg kan ifølge Kjeldaas koste opp mot 300 000 NOK for en standard 11er bane, i tillegg vil det påløpe kostnader knyttet til drift og vedlikehold.

2.9 Vinterdrift og undervarme

2.9.1 Undervarme

Målet med undervarme er å forlenge sesongen gjennom å holde spilleflaten myk under kalde perioder for å skape bedre spilleforhold. Anlegget er ikke utformet og dimensjonert for smelting av snø, dette må fjernes på andre måter. Oppvarminga skjer gjennom at en varmebærende væske sirkulerer i rør under banen (62). For å varme opp væsken brukes en varmesentral som kan bestå av ulike typer energikilder som f.eks. gasskjele, fjernvarme, elektrisk eller jordvarme. Fra varmesentralen, hvor væska varmes opp, ledes via tilføringsrør til rørfordelere som fordeler væska til varmerørene som går under banen. Varmerørene kan enten legges i avrettingslaget eller i en prefabrikkert pad med innlagte spor for rørene. Væska som flyter rundt i rørene kan

bestå av ulike materialer, men det vanligste er en blanding av glykol og vann. En annen mulighet istedenfor det tradisjonelle undervarmesystemet er et elektrisk system med elektrisk varmematte som legges rett i underkant av kunstgressdekket (10).

Kostnaden for å opprette og drifte et undervarmeanlegg vil variere ut ifra hvilket system man velger. Et tradisjonelt varmesystem kan anslagsvis koste 1 430 000 NOK, mens et system med varmpad kan koste 2 280 000 NOK. Begge deler er uten varmesentral, som kan koste fra 300 000 NOK ved valg av fjernvarme opp til 3 500 000 NOK ved valg av grunnvarmepumpe (10).

For å spare energi bør man ha et styringssystem som brukes til å regulere hvor mye effekt man tilfører banen. Målet med et styringssystem er å senke det totale strømforbruket og dermed senke kostnadene. Det systemet som brukes mest i dag består gjerne av en værstasjon, varmefølere og en sentral for styring. Systemet bruker da målt temperatur i banen og i lufta til å justere tilført effekt (63). Undervarmen bør kjøres på minimum selv om banen er lite brukt en periode. Dette fordi det å tine opp banen tar mer energi enn å holde temperaturen jevn. I tillegg kan det å skru av og på varmen føre til teleskader (64).

En mer effektiv måte å energioptimalisere driften på kan være å installere automasjon basert på værdata, for effektiv regulering av undervarmen (63). Gjennom ett automatisert system med høyoppløselige værdata, kan man ligge i forkant med justering av tilført varme. Gjennom matematiske beregninger bestemmes varmpådraget basert på kunstgressets termiske egenskaper og værforhold de neste timene. Gjennom sitt prosjekt med undervarme for Odds baner, har Guard vist en slik løsning i praksis (65).

Undervarme som solfanger er et konsept som er sett på i flere studier og skisseprosjekt, men som er lite omtalt i reelle prosjekt. Konseptet handler om å bruke undervarmesystemet som solfanger. Ved å bruke banens store areal er det et stort potensial for å utnytte solenergien. Ved å samle opp solenergi i solfanger og lagre den i f.eks. berggrunnen kan energien hentes ut igjen gjennom en varmepumpe når energien trengs. Undervarmeanlegget fungerer som solfanger ved at væsken i varmerørene varmes opp og varmen så avgis til varmelageret. Dette kan bidra til miljøvennlig energi til nærområdet (63, 66). Det som oftest er beskrevet i studier om varmelager er et geotermisk lager med energibrønner i berggrunnen (66). Et annet alternativ som er blitt undersøkt er en et system hvor man graver en grop som fylles med vann. Denne gropen brukes

så for lagring av termisk energi. Dette er en løsning som er omtalt i Teknisk ukeblad og som er vurdert installert på Nadderud (67).

2.9.2 Vinterdrift

Det er ønskelig med så like forhold som mulig det man møter om sommeren. Dette krever bra utstyr, kunnskap hos personell og nok tid avsatt til driften. Om vinteren kan man møte på mange ulike utfordringer med ulik temperatur og nedbør. Disse forskjellige forholdene må håndteres ulikt og krever kunnskap og erfaring for å skape best mulig spilleforhold. Mye av utfordringen ligger i få utført arbeidet tidsnok. Ligger snøen lenge og blir tråkket ned tar det lengre tid å få til gode forhold (10).

For urbane strøk kan det være begrenset plass for lagring av snø etter brøyting. I Sverige løser de dette problemet med å minke spilleflaten på vinterstid (68). Med en mindre spilleflate blir det mindre flate å brøyte og dermed mindre snø å lagre. En del granulat har en tendens til å ende opp i snølageret ved brøyting av banen. Ved å lagre snøen på spilleflaten bortfaller dette problemet (55). Bruk av kjemikalier er en måte å holde banen spillbar på, dette gjelder både baner med undervarme og uten. Det er vanligst å bruke salt, men er det kaldere enn -5 °C kan man være nødt til å kombinere det med varme eller andre kjemikalier (64).

2.10 Forurenset grunn

Etter de siste års søkelys på spredning av gummigranulat, er det gjennomført miljøkartlegginger av en rekke baner. Hensikten var å kartlegge omfanget og konsekvensen av gummigranulatet. To av undersøkelsene ble gjennomført på Øya kunstgressbane i Malvik (69) og Melløs kunstgressbane i Moss (70). I Malvik ble det tatt prøver både under og rundt banen, mens det i Moss kun ble undersøkt for topplaget i overbygningen. Resultat og klassifisering av grunnen er basert på tiltaksklasser bestemt av Statens forurensingstilsyn (71).

Idrettsanlegg krever masse i tiltaksklasse 2 eller bedre for de øvrige lagene. For dypere liggende lag ($>1\text{ m}$) kan tiltaksklasse 3 benyttes. Begge undersøkelsene viste nivåer av tungmetaller innenfor grensene for topplaget i overbygningen. Mengden granulat og plastpartikler funnet under banen i Moss, tilsier at massene er forurenset, selv om mengden tungmetaller tilsier rene

masser. Utenfor banen i Malvik ble det funnet mengder av tungmetaller i tiltaksklasse 3 og 4 i en skråning like ved banen som vist i Figur 8.



Figur 8: Kontaminert jord som følge av spredning av granulat fra kunstgressbane (69).

Konsekvensen ved funn av forurenset masse er at det skal utarbeides tiltaksplan for de forurensete massene i henhold til Forurensingsforskriftens kapittel 2 (72). Tiltaksplanen skal inneholde informasjon om graving, lagring og disponering av massene. Med bakgrunn i disse undersøkelsene forventes det å finne kontaminert grunn på mange av de eldre tredje generasjons banene i Norge. Tiltak er blitt iverksatt for å få bukt på dette problemet. NFF lanserte i 2019 en veileder for å hindre spredning av gummigranulat fra banene (3). I tillegg ble det i april 2021 vedtatt en ny forskrift for håndtering av gummigranulat på idrettsbaner i forurensingsforskriften (73). Problemet med forurenset grunn vil fortsette i en god del år fremover, da mange av banene skal skiftes ut eller oppgraderes.

2.11 Beregning av masser

Verdier for masser kan beskrives som faste, løse eller anbragte (74). Disse ulike volumbetegnelsene brukes i forskjellige deler av arbeidet. Volum av faste masser i grunnen vil øke ved oppgraving og man må legge inn konstanter for å få korrekt volum for massene. Veiledende omregningsfaktorer er gitt i figur 9 som er brukt i brukt i *Standard beskrivelse for*

vegkontrakter av Statens vegvesen (74). For å bestemme ulike verdier for masser kan formel 10 benyttes. Denne formelen viser omregning til korrekt volum og en evt. omregning fra volum til masse.

$$Vekt(tonn) = pfm * f_{volum} * f_{vekt} \quad (10)$$

pfm = Prosjektert fast volum

f_{volum} = Omregningsfaktor fast til løs masse

f_{vekt} = Omregningsfaktor løs masse til vekt

Type masse	a) Omregningsfaktor i forhold til teoretisk fast masse		
	Teoretisk fast	Løs	Anbragt
Tunnelstein og stein fra grøft	1,00	1,80	1,50
Øvrig sprengstein	1,00	1,60	1,40
Morene, sand, grus	1,00	1,25	1,10
Leire, silt	1,00	1,15	1,00
a) Dette er gjennomsnittstall som vil variere noe med blant annet sprengningsmetode og bergart. Overberg inkludert			

Figur 9: Omregningsfaktor fra fast til løs og anbragt masse for ulike massetyper etter tabell 7.4-1 i Håndbok R761 (76).

2.12 Parkeringsplass

Anbefalinger for bygging av parkeringsplasser er gitt av Håndbok N200 (26). Oppbygningen av konstruksjonen har flere likhetstrekk med oppbygningen av en kunstgressbane med frostsikringslag, forsterkningslag, bærelag og topplag. Dimensjonerende tykkelser er gitt av veilederen og baseres på grunnens beskaffenhet, telefarlighet og dimensjonerende last. Valg av dekketype for topplaget vil ha betydning for valg og dimensjonering av overbygningen. Parkeringsplasser med grusdekker skal bl.a. utformes som en grusvei. Standard toppdekke for parkeringsplasser med asfalt er et slitelag over et bindelag. For utforming av selve parkeringsplassen finnes det en rekke veiledere, som bl.a. Statens vegvesens håndbok N100 (75) og byggforsklad 312.130: Parkeringsplasser og garasjeanlegg (76). Standardverdier for bredde og lengde for både standard og handikaplass kan hentes fra disse.

3 Metode

I metodekapitlet vises det hvilke metoder som er valgt, hvorfor disse er valgt, samt en vurdering av hvilke utfordringer valgene kan få.

3.1 Litteraturstudie

Som en viktig del av oppgaven er det gjennomført et litteraturstudium for å hente inn mest mulig relevant informasjon om emnet. For relevant litteratur ble blant annet søkemotorene Google Scholar og NTNU Open benyttet. Fagfeltet innen kunstgress er noe begrenset i Norge, og det var derfor ønskelig å utnytte faglitteratur fra utlandet. Det er lagt vekt på nyere og oppdaterte kilder, da kunstgress er et fag i stor utvikling. For norsk litteratur ble hjemmesiden til prosjektet KG2021 benyttet, da dette prosjektet baserer seg på utvikling av kunstgress. Noe relevant litteratur og informasjon ble også tilsendt fra gruppas eksterne veileder. For andre fagfelt knyttet til oppgaven ble det benyttet standarder og veiledere som er gyldige for de enkelte feltene. I tillegg er det benyttet relevant litteratur fra tidligere fag i studieløpet.

3.2 Møte entreprenør

Tidlig i prosessen ble det klart at gruppa måtte innhente informasjon fra eksterne for å oppnå ønsket resultat. Med noe begrenset og utdatert informasjon tilgjengelig var det hensiktsmessig å søke erfaringer fra folk i bransjen.

Som nevnt tidligere har det oppstått en del problemer i etterkant av byggingen, hvor drenering og tette baner stort sett har vært hovedproblemet. I en slik situasjon måtte gruppa være kritisk til hvilke entreprenører som skulle kontaktes i forbindelse med oppgaven. Som i bransjer generelt, bygges kunstgressbaner forskjellig, noe gruppa ønsket å benytte seg av ved å sammenligne ulike valg og metoder, det var derfor et ønske å finne flere ulike entreprenører. I tillegg var det viktig å finne en entreprenør med gode skussmål og lang erfaring for å sørge for at informasjonen som innhentes har faglig tyngde.

Da gruppa har relativt dårlig oversikt og få kontakter innenfor bransjen, måtte gruppa støtte seg på ekstern veileder, Bjørn Aas ved SIAT, for valg av entreprenører. Gjennom sin stilling som overingeniør og fagansvarlig for idrettsanlegg i SIAT hadde han noen aktuelle kandidater. Det

ble opprettet kontakt med to entreprenører, Kjeldaas og Norconsult, dette resulterte i bidrag på hvert sitt vis. Fra Norconsult ble det diskutert muligheten for å få en digital modell som kunne benyttes inn mot modelleringsprosessen. Grunnet tekniske problemer og lite ledig kapasitet endte det opp med tekniske tegninger i form av pdf i stedet. Med den andre entreprenøren, Kjeldaas AS v/ Jo Pedersen, ble det utviklet et tett samarbeid om oppgaven. Det ble gjennomført jevnlig møter hvor gruppa fikk kontinuerlige tilbakemeldinger på arbeidet som var gjort og oppgaver til neste møte. Gjennom dette har oppgaven fått en praktisk tilnærming, med en tilnærmet lik prosess og gjennomføring som i praksis.

Gjennom gruppas eksterne veileder ble gruppa også satt i kontakt med NorthLed i Danmark, som er leverandør av lys til idrettsbaner. De tok på seg å utarbeide lysberegning av banen som ble brukt i prosjekteringen. Bakgrunnen for dette er at gruppa og ekstern veileder har en oppfatning av at søkelyset er større på lysforurensing i Danmark.

3.3 Programmer

For modellering og utarbeidelse av tegninger ble flere ulike modelleringsprogrammer vurdert. Som konstruksjon er kunstgressbaner ett spesialtilfelle når det kommer til modellering, da det ikke finnes ett program beregnet for slike typer konstruksjoner. Byggingen inneholder elementer fra både veibygging og tekniske installasjoner som VA-anlegg, samt noe grunnleggende byggtknikk som fundamentering. Både Novapoint og Autocad, begge med Civil 3D, ble vurdert som aktuelle programmer. Med kun svært grunnleggende basiskunnskaper i disse programmene ble disse ikke valgt. Bak dette ligger også et ønske om å bruke minst mulig tid på opplæring av nye programmer. Valget falt i stedet på Archicad, som gruppa har mye erfaring med tidligere og som har tilstrekkelige funksjoner til å gjennomføre dette prosjektet. For mengdebeskrivelse i henhold til NS 3420 ble Focus Anbud benyttet. Skisse og 3D-bilder av enkelte komponenter og løsninger ble utformet med 3D-modelleringsprogrammet Blender.

3.4 utfordringer og muligheter ved valgt metode

Gruppas metode baserer seg i stor grad på litteraturstudium, møte med entreprenør og egne vurderinger og beregninger. En slik metode kan skape et problem, da man i stor grad er

avhengig av entreprenørens kunnskap og nøytralitet. For å sikre at den nødvendige kunnskapen er på plass ble det gjort et grundig valg gjennom ekstern veileder Bjørn Aas. Både firma og kontaktperson har gode referanser som øker sjansen for kvaliteten på innholdet. Det å finne en entreprenør som er nøytral vil være vanskelig, da alle vil ha sine metoder og produkter som de foretrekker. Det er derfor viktig at man tar høyde for dette og ser kritisk på alle valg som tas.

Tilgang til tegninger fra Norconsult og annen relevant litteratur fra litteraturstudiet har bidratt til et bredt referansegrunnlag. Likevel vil effekten av disse være begrenset i forhold til kontakten med Kjeldaas. Med en så tett kontakt kan det være vanskelig å vurdere løsningene fra et nøytralt ståsted.

I møte med entreprenør var det et samarbeid hvor Jo Pedersen fungerte som veileder. Dette er en metode som gjorde at gruppa fikk et tett samarbeid og i samråd kom fram til løsninger. En annen mulighet kunne vært å gjennomføre kontakten som et intervju. Styrken ved en slik metode, kan være muligheten til å opprettholde en nøytral rolle. Med valgt metode får entreprenør lov til å være med å styre hvilken retning prosjektet tar. På den måten kan man dra bedre nytte av entreprenørens kunnskap og erfaring, men vil også kunnet bli styrt i en ensidig retning uten rom for alternative løsninger. Fordelene med den tette oppfølging er at man får tid til å utforske alle aspektene ved prosjektet grundig. Da prosjektet er viktig for videre bruk fant gruppa at fordelene med en slik metode var større enn ulempene.

4 Analyse

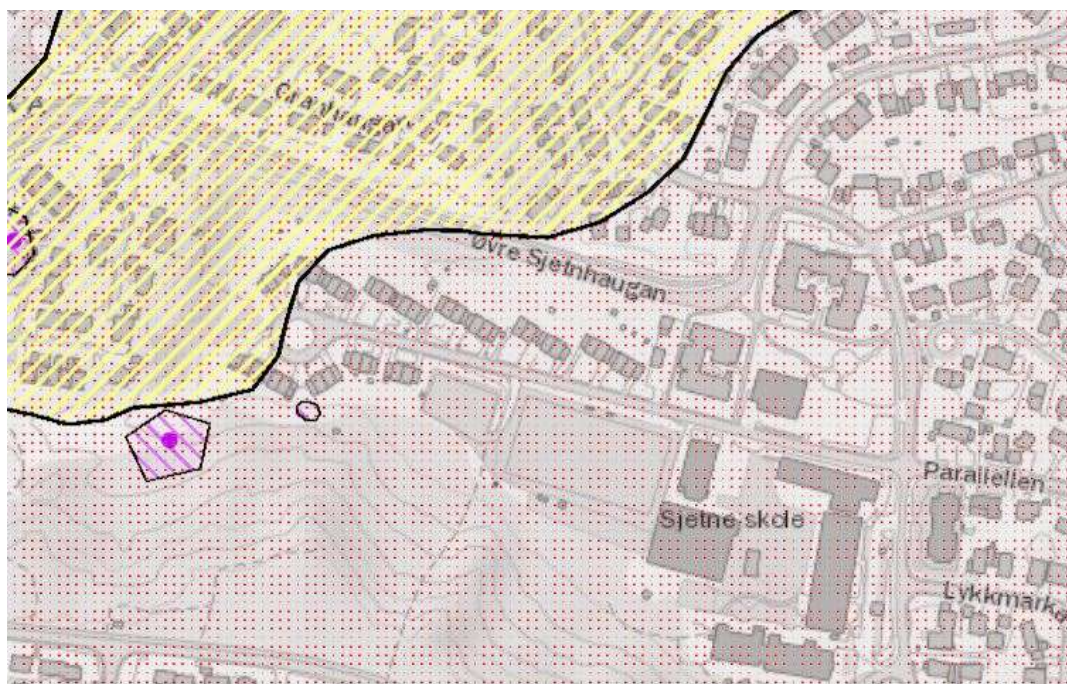
Underliggende tekster vil omfatte begrunnelse for valg av materialer i mengdebeskrivelsen, arbeidstegninger mm. Kapittelet redegjør for resultater og drøfting av disse.

4.1 Overbygning

4.1.1 Grunnforhold og traubunn

Grunnforhold

Det er utført en rekke geotekniske undersøkelser i området, både av kommunen og private aktører. Store deler av Trondheim ligger på marine avsetninger. I henhold til NGUs nasjonale database for løsmasser, ligger Sjetne under grensen for marin avsetning (77). Kartet viser løsmasser av hav- og fjordavsetninger, som indikerer leire og silt, som er det mest vanlige i Trondheim. Med marine avsetninger følger områder med kvikkleire. Registrerte kvikkleiresoner er dokumentert i NVEs database med utdrag av området vist i Figur 10 (78). Databasen viser at banen vil befinne seg i utløpssonen av Sjetnemarka kvikkleiresone, som har lav faregrad. Ut ifra dette er det lite sannsynlig at det oppstår problemer med kvikkleire for prosjektet.



Figur 10: Kart over kvikkleireforekomst på Sjetne. Gult område viser kvikkleiresone med lav faregrad (78).

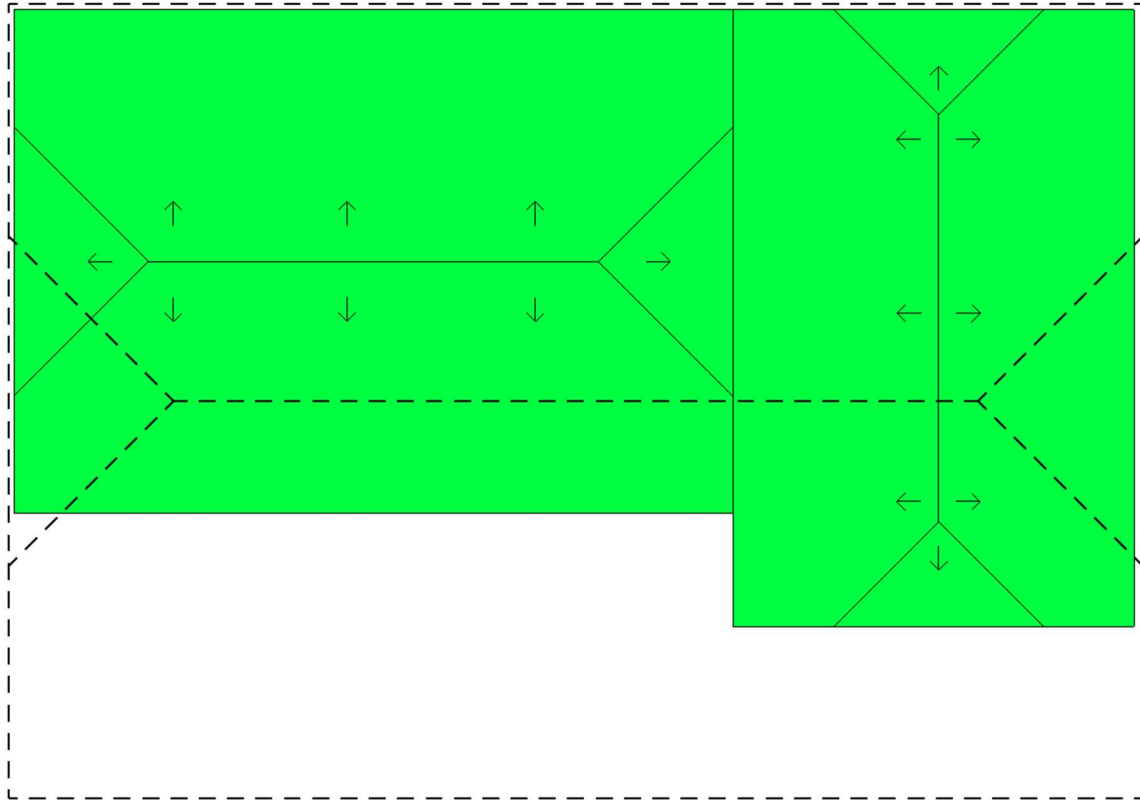
De geotekniske undersøkelsene utført av kommunen har avdekket bløte løsmasser i de øvre lagene i området (79). Disse lagene er gamle rasmasser av lagdelt silt, leire og sand med forekomst av organisk materiale, over faste og konsoliderte masser. Tykkelsen på det bløte topplaget varierer over området, men det kan antas at dette laget er fjernet i baneområdet ved byggingen av nåværende bane. Sør for banen ligger det en bratt skråning opp mot Tonstadbrinken. Stabilitetsproblemer kan oppstå ved graving av denne pga. de bløte massene og høyde på grunnvannet.

Det er begrenset med informasjon tilgjengelig av banens nåværende dimensjonering og tiltak gjort ved banens konstruering i 2006. Påvist høyde på grunnvann i området kan utgjøre et problem, da denne ligger veldig høyt i terrenget (80). Omfanget av dette kan kun dokumenteres med detaljerte prøver av grunnvannstanden for baneflaten. Med bakgrunn i at dette er en ombygging, antas grunnforholdene å være stabile da det ikke kommer frem informasjon om problemer verken ved bygging eller i brukstid. Gruppa ser dermed ikke behov for tiltak for forsterkning av grunn eller endring av grunnvannstand i denne oppgaven.

Traubunn:

Det antas at eksisterende traubunn ligger med fall som ferdig bane. Standard prosedyre er at banen legges med takfall ut til sidene med likt fallforhold fra traubunn til toppdekket (10). For mindre baner kan andre fallforhold aksepteres, hvis terrenget tillater det. Med tenkt utforming med en 9er bane på langs og en 7er bane på tvers ville det oppstått problemer i overgangen mellom banene som visst i Figur 11. Komplekse fall og overganger, som i dette tilfellet ville stilt store krav til utførelse. En slik løsning ville krevd drenerør langs hele ytterkanten for å samle opp vannet. Det ble derfor valgt å gå for alternativ løsning der traubunn legges med ensidig fall på 0,8 % fra sørsiden mot nordsiden.

I samtaler med Sjetne IL ble det avdekket fremtidige planer om å endre/utvide banen tilbake til en fullverdig 11er bane. Skulle man ha tatt dette ønske til rette, måtte dagens utforming av traubunn støttet en overgang til 11er bane, der fallforhold på den nye banen er vist med stiplet strek i Figur 11. Med takfall utformet for 11er banen vil dette skape både tekniske og estetiske problemer og en svært ugunstig løsning. Ønske om å endre tilbake til en 11er bane i fremtiden er ikke forenelig med dette konseptet. En utvidelse til 11er bane vil dermed innebære en komplett ombygging av banen med etablering av ny traubunn.



Figur 11: Mulig utforming av fallforhold med prosjektert spilleflate (hel strek). Stiplet strek viser fallforhold ved utvidelse til 11er bane.

Krav til traubunnen:

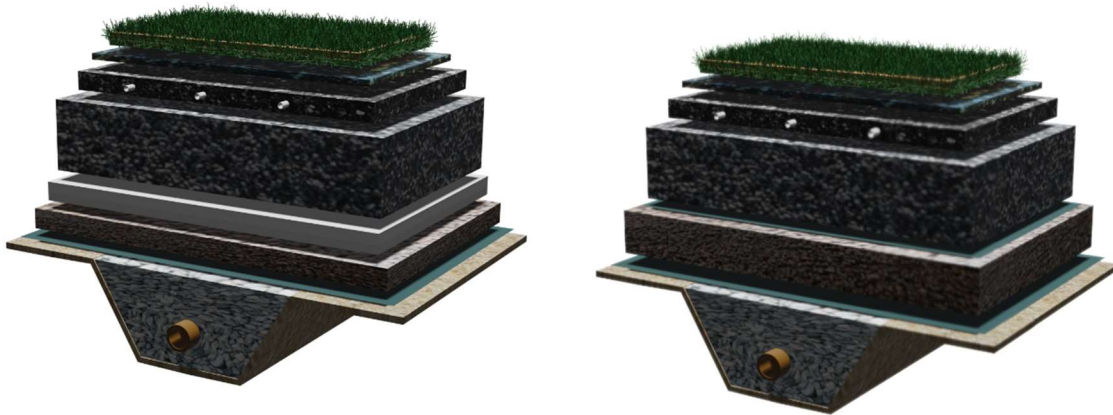
- Planhetsavvik: ± 15 mm på 3 m rettholt
- Tillat høydeavvik: ± 15 mm

Kravet til planhet og avvik blir større jo høyere du kommer i overbygningen. Dette vil tas igjen i andre lag, der man kanskje må forvente å ta igjen kravet ved å bruke litt mer masser. Traubunnen skal ligge med ensidig fall, så kravet til jevnhet vil ikke ha like stor betydning som for en bane med takfall med tanke på dreneringen. Eventuelle groper eller senkninger vil bare fylles opp og renner over når det er fullt.

4.1.2 Frostsikring og drenslag

Frostmengde og grunnforhold er avgjørende for valg av frostsikring. Ønsket funksjon er å hindre at frosten trenger ned i telefarlig grunn og gir setninger som følge av telehiv. For kunstgressbaner benyttes i all hovedsak to typer isolasjon: lettklinker og XPS. Isolasjon ved

bruk av steinmaterialer, som benyttes ved frostsikring av vei, er uaktuelt fordi isolasjonsevnen er for dårlig og medfører store tykkelser. En tykkere overbygning fører med seg ekstra graving, som kunne gi problemer med grunnvannstanden. Aktuelle løsninger for prosjektet ble derfor å vurdere om det skulle være XPS-plater eller lettklinker. Skissert overbygning med henholdsvis isolasjonsplater og lettklinker er vist i figur 12.



Figur 12: Skissert komplett overbygning med ulike typer isolering. Venstre viser drenslag under XPS-plater, mens høyre viser ett lag med lettklinker.

Valget falt ned på å benytte isolasjonsplater av XPS med følgende egenskaper:

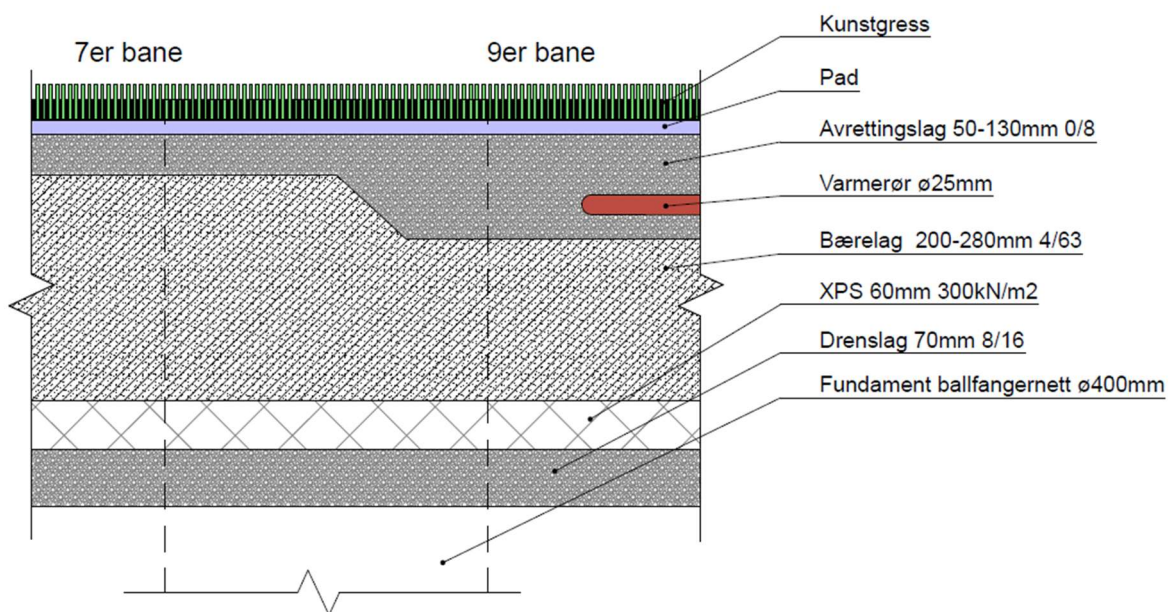
- Tykkelse: 60 mm
- Trykkfasthet: 300 kN/m²

Ved bruk av lettklinker som isolasjonsmateriale vil det bli en noe større overbygning, pga. lavere isoleringsevne. Da metoden er dyrere og innebærer en del ekstra arbeid, fant gruppen det naturlig å velge XPS i stedet. Platene skal legges ut uten spalteåpning, da naturlig spalteåpning vil oppstå når platene flytter på seg ved utleggelse av bærelaget. Trykkfasthet på 300 kN/m² er standard ved isolering av boliger og andre bygninger. En større trykkfasthet benyttes der belastningen er stor over tid, som veg, flyplass og jernbane. Tykkelsen er standard som benyttes for idrettsanlegg. Valg av tykkelse og trykkklasse er tatt i samråd med Kjeldaas.

For drenslag i underkant benyttes det tilslag med fraksjon 8/16 og tykkelse 70 mm ferdig komprimert. Krav til planhet for drenslaget er som ferdig topplag. Platene og alle lagene i overbygningen legges ut til yttersiden av asfalt. Ved å trekke de så langt ut, vil de også sørge for isolasjon av dreneringene som ligger under asfalten i sikkerhetssonen.

4.1.3 Bærelag

Bærelagets funksjon er å fordele laster fra overbygningen. Normal tykkelse på bærelag er 200 mm med pukkb av fraksjon 4/63 og velges i dette prosjektet. Dette er standard tilslag og tykkelse i bransjen og har vist seg å fungere godt i praksis. Kunstgressboka anbefaler i tillegg forkiling i toppen med fraksjon 4/16 for å sikre en jevn flate for utlegging av avrettingslaget (10). Forkiling blir ikke benyttet i prosjektet, da pukkb 4/63 er en velgradert fraksjon som binder godt. Forkiling er da vurdert til å være overflødig. Pga. undervarme vil det bli ulik tykkelse på bærelaget som vist i Figur 13, da kun 9er banen vil ha undervarme. Bakgrunnen for dette valget er begrunnet i kapittel 4.9. Vurderinger ble gjort på om det skulle legges lik tykkelse på avrettingslag over hele flaten, som vil medføre en kraftig økning i mengden masse til avrettingslag. Dette er noe entreprenør argumenterte mot, da dette er en dyr masse og det er dermed mer hensiktsmessig å bruke ulik tykkelse.



Figur 13: Overgang mellom 7er (venstre) til 9er (høyre). 9er bane skal ha undervarme som gir ett tykkere avrettingslag i forhold til 7er banen som er uten.

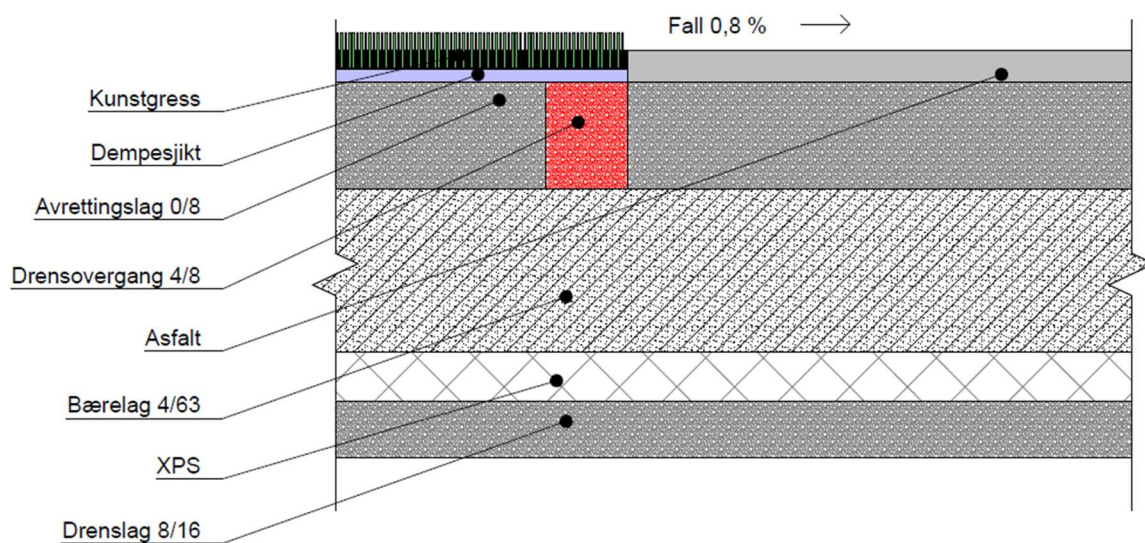
4.1.4 Avrettingslag

Avrettingslaget er den kanskje viktigste komponenten for å sikre banens funksjon. Feil utførelse av komprimering kan føre til en tett overbygning som ikke oppfyller banens krav til permeabilitet. Overflaten må også tilfredsstillte strenge krav til jevnhet og avvik. Anbefalt tilslag

i henhold til Kunstgressboka er 1/8 eller evt. 1/12, begge med relativt lite finstoff. I dette prosjektet er det imidlertid valgt grus med fraksjon 0/8. For å sikre kravene til både jevnhet og permeabilitet, falt valget på dette tilslaget. 0/8 grus vil dog kreve en rekke tester for å sikre banens permeabilitet er tilfredsstillende. Et testlag på ca. 40 m² skal opprettes før hele avrettingslaget legges ut. Her skal det gjennomføres 6-7 tester for å sørge for at utførelse av laget sikrer tilstrekkelig permeabilitet. En slik løsning er en billig løsning hvis testene viser at laget ikke oppfyller kravene. Som nevnt i kapittel 4.1.3 vil det være ulik tykkelse for avrettingslaget under de to banene. 7er banen uten undervarme vil ha en tykkelse på 50 mm, mens 9er banen vil ha en tykkelse på 130 mm. Oppbygging av testlaget må utføres som det tykkeste laget.

Kravet til permeabilitet er satt til 280 mm over en periode på 14-20 min, som er standard krav benyttet av Kjeldaas. Et høyere krav enn dette kan skape problemer med bindingen i tilslaget. Et slikt høyt krav setter riktignok strenge krav til valg av tilslag og komprimering av laget. For det tykkeste laget kan det bli vanskelig å oppnå dette kravet, derfor er det her justert noe ned på kravene for å sikre at det er gjennomførbart i praksis. Tidskravet justeres opp til 30 min ved bruk av denne tykkelsen.

Ved styrtregn kan banens vertikale drenering være begrenset, og vann samles opp i overgang mellom asfalt og kunstgress som følge av banens fall som vist i figur 14. For å unngå oppsamling av vann i dette området, skal det legges inn en annen fraksjon i avrettingslaget i denne overgangen. Hensikten er å øke permeabiliteten i dette utsatte området og sikre en økt vertikal drenering. Dette er bare nødvendig i avrettingslaget, da dette er den begrensende faktoren for overbygningens permeabilitet. Tilslag i dette laget blir pukk 4/8, som er en mindre velgradert masse enn grus 0/8. Som følge av dette vil ikke dette laget binde like godt, men bredden er for smal (100mm) til å skape problemer. På Sjetnebanen skal overbygningen og andre kompletterende arbeider utføres på høsten. Leggingen av selve kunstgresset skjer ikke før på vårparten, som gir overbygningen tid til å sette seg godt.



Figur 14: Overgang mellom kunstgress og asfalt. Med oppsamling av vann på overflaten i denne overgangen er det lagt inn en annen fraksjon i avrettingslaget for å øke permeabiliteten.

4.1.5 Utførelse og kontroll

For å oppnå ønsket resultat er det viktig at arbeidet gjennomføres riktig. Det skal utføres i henhold til beskrivelser og tegninger, men gjøres justeringer hvis det trengs. For kontroll skal det fylles ut et kontrollskjema som er utarbeidet under prosjekteringen. Dette kontrollskjemaet kommer som et vedlegg til mengdebeskrivelsen og skal sikre at banen blir etter ønsket kvalitet.

Etter inspirasjon fra veibygging og hvordan komprimering gjøres der er det stilt krav til at entreprenør skal utarbeide og gjennomføre et valseprogram. Dette fordi riktig komprimering har mye å si for egenskapene materialene får. Valseprogrammet skal inneholde all nødvendig informasjon for å kunne avgjøre valg av komprimering. Dette skal gjennomføres for hvert enkelt av lagene i overbygningen med unntak av isolasjonslaget. Det skal komprimeres jevnt og det skal være overlapp mellom valesporene, dette for å sikre jevn komprimering over hele banen. For å kontrollere komprimeringsarbeidet skal det brukes GNSS samt at det skal brukes målemetoder som f.eks. modifisert proctor for å utarbeide valseprogrammet. Planene skal gi tilstrekkelig tid til kontroll, analyse, vurdering og godkjenning av arbeidene (29).

4.2 Fjerning av eksisterende anlegg og masser

4.2.1 Kontaminerte masser

I de siste årene har det blitt rettet søkelys mot spredning av granulat fra banene og dets påvirkning på grunnen. Undersøkelser har blitt utført for både overbygningen og området rundt banen (69, 70). Som nærmere beskrevet i kapittel 2.9, viser resultatene kontaminert grunn både under kunstgressdekket og rundt banen. Spredningen kan ofte knyttes opp mot vinterdrift på banen, med brøyting og snølagring som hovedårsakene (2). Resultat av dette kan ses i figur 15. I samtaler med Sjetne ble det avdekket at det mest sannsynlig har vært vinterdrift på banen på ett tidspunkt, men detaljer rundt driften er uklare. Dette er et punkt i prosjektet med stor usikkerhet, da omfanget er uklart. Å utføre miljøkartlegging ligger utenfor oppgavens område. Det er derfor besluttet, for oppgavens del, å si at det er avdekket kontaminerte masser som følge av utført miljøkartlegging. Bakgrunnen for valget er ønsket om å inkludere alle aspekter ved bygging av kunstgressbaner i mengdebeskrivelsen. Dette er også et problem som vil forekomme på mange prosjekt i årene som kommer.



Figur 15: Spredning av gummigranulat utenfor banen (foto: Bjørn Aas)

Da det ikke er gjennomført miljøkartlegging, måtte gruppa ta en teoretisk vurdering av situasjonen på Sjetne. Siden snølagring og spredning av granulat ofte hører sammen, var lokalisering av snølageret den viktigste faktoren for å bestemme den mest sannsynlige

lokaliseringen av de kontaminerte massene. Både vestsiden og østsiden er lite sannsynlig brukt til snølagring, da det her er henholdsvis parkeringsplass og klubbhus. Mot nord skråner terrenget ned mot veien, som ligger i en avstand 5-10 meter fra banen. Det er lite trolig at dette området er brukt til snølagring. Sørsiden er altså den mest sannsynlige lokaliseringen for snølageret. Ut ifra vurderinger i samråd med entreprenør, antas det forurenset grunn i en avstand på inntil 10 meter fra banekant. Dybden på forurensingen antas å være på 10 cm etter vurdering av tidligere miljøkartlegginger (69). Beregninger av volum og mengde av massene er nøyere beskrevet i kapittel 4.2.4. Utgiftene knyttet til fjerning av kontaminert masse utenfor baneområdet for dette prosjektet antas å bli omtrent 200 000 NOK etter overslag fra entreprenør.

I tillegg kommer problemet med forurensing av topplaget i overbygningen. Kartlegging av dette omfanget gjøres i utførelsesfasen. En kartlegging av topplaget er lagt inn som post i mengdebeskrivelsen. Da utfallet av denne er usikkert er påløpende arbeider knyttet til forurenset masse lagt inn som opsjonspost. Opsjonspost er også lagt inn for parkeringsplass, i tilfelle det oppdages kontaminerte masser ved graving.

4.2.2 Rene masser

Utformingen av banen medfører en utvidelse av det eksisterende baneområdet mot sør. Terrenget langs sørsiden ligger 1,5 meter høyere enn banen med et lite platå for et enkelt friidrettsdekke med tilhørende boder. Etter fjerning av de kontaminerte massene skal det graves ned til nivå traubunn som for resten av banen. Dette er antatt rene masser som kan benyttes internt i prosjektet hvis hensiktsmessig. Det er likevel antatt at det ikke blir behov for disse massene og at de dermed blir levert til godkjent mottak.

4.2.3 Fjerning av eksisterende anlegg

Eksisterende anlegg tilknyttet dagens bane skal fjernes ved etablering av ny bane. Det er et friidrettsdekke sør for banen, med noen tilhørende boder. Dette dekket ble forkortet ved utbyggelse av Sjetnehallen og er i dag kun 60 meter. Med lite brukstimer og liten nytteverdi er det bestemt å fjerne dekket og tilhørende boder. Dette er et valg etter Sjetne ILs ønske og praktiske hensyn, da det vil komme en del konflikter ved utvidelse av baneområdet.

Friidrettsdekke er antatt å bestå av EPDM og SBR, som sammen med kunstgressdekket skal sendes inn til resirkulering for gjenbruk. I forbindelse med fjerning av ballfangernett skal det i forkant gjøres en vurdering på mulig gjenbruk. For gjerdet rundt banen er dette i så dårlig stand at gjenbruk ikke er hensiktsmessig. Nåværende sikkerhetssone med asfalt skal fjernes og deponeres, i forbindelse med anleggelse av ny overbygning.

4.2.4 Utregninger

For å finne verdier til mengdebeskrivelsen, er det utført beregning av massene. Hovedmålet er å gi et omtrentlig inntrykk av omfanget av de ulike postene i mengdebeskrivelsen. Dette er kun overslagsberegninger med stor usikkerhet. Det er ikke gjennomført innmåling av høyder for baneområdet og det kan dermed være en del usikkerhet knyttet til resultatene av disse beregningene. Økt usikkerhet kommer også av at det kan være variasjon i massene i grunnen, som kan gi utslag på resultatene. Bestemmelse av omregningsfaktorer er basert på Håndbok R761 av Statens vegvesen (74) vist i Figur 9 og samtaler med entreprenør.

Type masse	Fast volum (m ³)	f_{volum}	f_{vekt}	Vekt(tonn)
Baneutvidelse				
Kontaminerte masser	200	1,15	1,5	345
Rene masser	444	1,15	1,5	766
Parkeringsplass				
Grus og pukk	1050	1,25	1,9	2494
Stedlige masser	195	1,15	1,5	336

Tabell 5: Beregningen med fast volum, omregningsfaktor til løs masse (f_{volum}), omregningsfaktor til masse (f_{vekt}) og total masse for ulike masser i prosjektet.

4.3 Lys og EL

4.3.1 Lys

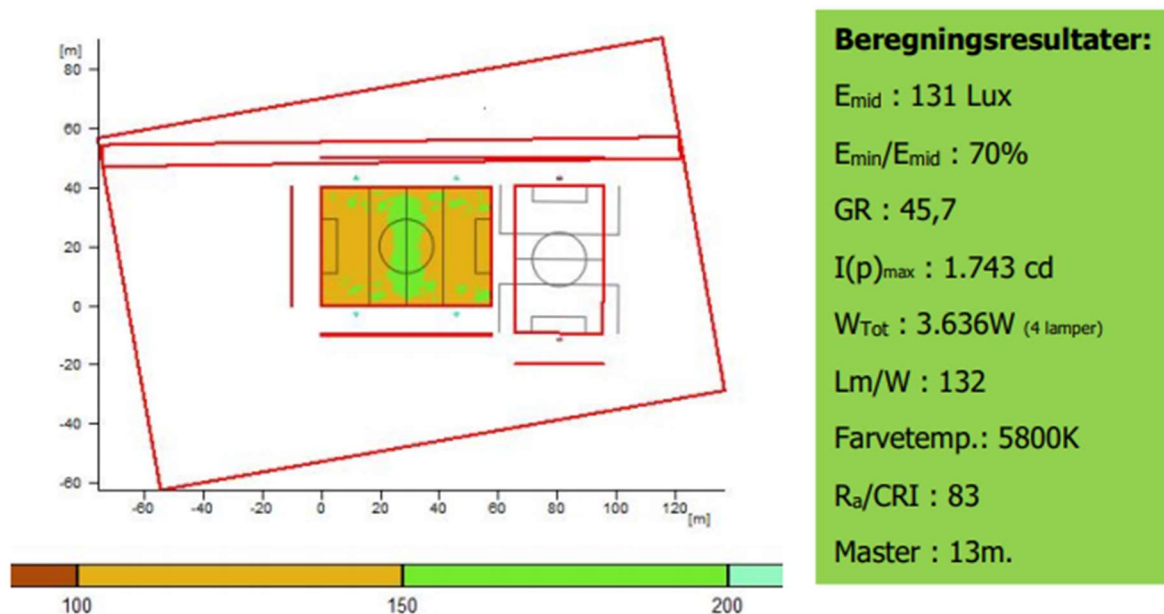
Inkludering av flomlys er en naturlig del av prosjekteringen av idrettsanlegg, gruppa har valgt å knytte seg til eksterne ved prosjektering av anlegg til flomlys for å få en mer detaljert beskrivelse. Denne eksterne kontakten ble opprettet via gruppas eksterne veileder. Kontakt via e-post ble opprettet med NorthLed i Danmark, som spesialisere seg på lysanlegg til idrettsbaner. Med et økt fokus på lysforurensing i Danmark i forhold til Norge, var dette veldig aktuelt å inkludere i oppgaven. På bakgrunn av plantegning av banen utarbeidet de en lysberegning for banen som ligger i vedlegg 8. Som tillegg ble det på bakgrunn av lysberegningen, foreslått krav til plassering og dimensjonering av lysanlegget. Da banen er tenkt og benyttes i barneidretten valgte man å oppfylle kravene til «trenings- og kamplys lavere divisjoner laveste trinn» hentet fra NFFs belysningssertifikat (57). For å oppfylle krav til spillemidler må man i tillegg oppfylle kravene til NS-EN 12193 (56). Utdrag av krav for banen er vist i Tabell 6.

Kravspesifikasjoner	Krav
Horisontal belysningsstyrke	100 lux
Jevnhet Emin/Emid	$\geq 0,6$
Maksimalt blendingstall	<55 GR
Fargetemperatur	>4000 K
Fargegjengivelse	> Ra 65
Blending	<10 000cd

Tabell 6: Utdrag av krav for lys på banen, for tildeling av spillemidler etter NS-EN 12193 (56).

Som man ser av figur 16 er beregningene til NorthLed godt innenfor kravene og leverer også vesentlig bedre på enkelte punkt. For belysningsstyrke ble det opplyst at man kunne oppgradere til 250 lux uten vesentlige endringer for miljø eller pris. Dette kan være aktuelt for baner som krever en høyere standard eller der det er et ønske om en høyere belysningsstyrke. Dette må da

vurderes opp imot økonomi, både som investeringskostnad og i bruksfasen som følge av lysenes høyere effekt.



Figur 16: Utklipp fra lysberegning av 9er banen på Sjetne, som viser lysstyrken fordelt ut over banen med beregnet resultat til høyre.

Lysforurensningen er målt til et maksimalt blindingstall på 1,743 cd. Dette er vesentlig under kravet på 10 000 cd og viser at det finnes teknologi som kan minimere sjenansen nærmiljøet kan oppleve fra lysforurensning. Selve lysanlegget er satt sammen av seks master, hvor fire er satt tradisjonelt på langsiden av 9er banen. Da med to på hver side, der armaturene leverer 900 W hver. På 7er banen er mastene plassert bak hvert mål, med en effekt på 1200 W. Endring i watt skyldes et noe større område som må belyses fra hvert av armaturene på 7er banen. Dette er en utradisjonell måte å løse det på, men er den beste løsningen for nærmiljøet og for å få utnyttet armaturenes yteevne. Valgt utforming av spilleflate fører til at slike kompromiss må inngås.

Mastene er prosjektert til en høyde på 13 meter. Dette er lavere enn det som er standard for vanlig belysning på fotballbaner i Norge, der det vanligvis benyttes mastehøyder på 16 meter (10). Dette er pga. banens mindre spilleflate og et ønske om å minimere lysforurensningen. En høyere mastehøyde vil også bety en større effekt fra armaturer. Et mulig problem med lav mastehøyde er skader på armaturer som følge av treff fra baller. Spesielt armaturene som står bak 7er målene vil stå i fare for å bli truffet. Dette er en problemstilling man har spurt leverandør

om. De hadde ikke opplevd å ha problemer med dette. Likevel bør det gjøres en individuell vurdering i hvert enkelt prosjekt der en slik løsning er aktuell.

For pris operer Kunstgressboka (10) med en total sum på 832 000 NOK. For totalsum for arbeidene til prosjektet på Sjetne sier NorthLed følgende:

«Priserne varierer noget og særligt entreprenørdelen (gravemaskiner, støbearbejde, fundamenter, sætning af master mv) er helt afhængigt af omgivelser og årstid osv.. men om man ser bort fra det, da vil et anlæg (armaturer, master, kabler, styring) inkl projektering og montage og indjustering af armaturer koste ca. DKK 650.000,- (estimeret)»

Totalsum ligger omtrent på samme nivå som anslått verdi i Kunstgressboka etter dagens kurs.

På parkeringsplass er det valgt å gjenbruke de eksisterende lysanleggene. Dette er lys som ikke er like energieffektive og leverer dårligere lyskvalitet. Likevel er det blitt vurdert at lysene er tilstrekkelige for parkeringsplassen samtidig som det er en billigere løsning økonomisk.

Valgt fundament, som beskrevet på tegning 2.9 i vedlegg, er basert på lysfundamenter brukt av Kjeldaas. Dette er et produkt fra Vik Ørsta AS. Fundamentet har en stor bunnplate som sikrer god stabilitet og samtidig begrenser fundament høyden. Føringsfor tilførsel er gjennom bunnplaten, der det er støpt inn oppstikk for kabelrør. Med noe lavere mastehøyde enn normalt, vil dette fundamentet være mer enn tilstrekkelig, da det blir benyttet på adskillig høyere mastehøyder enn 13 meter. Med problemer med ledningsføring, som nærmer beskrevet i 4.5.6, hadde et mindre og smalere fundament vært veldig aktuelt i dette prosjektet. På bakgrunn av oppgavens videre bruk fant likevel gruppa det bedre å benytte fundamenter prosjektert etter normale mastehøyder.

4.3.2 EL

Valg av kabelrør

Røret består av materialet PVC-U og er glatt. Røret skal ha rød farge som signaliserer at det er et EL rør. Det er valgt en diameter på rør til DN 110 og stivhetsklasse på SN8, som er standard i bransjen. EKOM-kabel skal ha gul farge med dimensjon DN 50. Dimensjonering av kabelrør må gjøres med hensyn på hvilke kabler som skal benyttes. I dette tilfellet omfatter ikke

prosjektering dimensjonering av kabler, så valgte dimensjoner på kabelrør kan være noe overdimensjonert.

Valg av trekkekum

Det er to trekkekummer på banen. Trekkekummene er plassert for å lette føringen av kabelrør til lysmaster. Valgt produkt er Basal TK1 med følgende dimensjoner: bunn på 700 mm x 720 mm, lokk 700 mm x 700 mm og utvendig høyde på 900 mm. Kummene er plassert på strategiske steder for å unngå konflikter med andre elementer som rør og fundamenter.

Kabeltrase

Utgangspunktet for utforming av kabeltrase er påkoblingspunkt for EI-forsyning. Det er ikke funnet ut nøyaktig hvor denne ligger, men det antas at den er plassert i Sjetnehallen. Videre er trase bestemt for å unngå konflikter med andre elementer og økonomisk besparelse. For å spare grøftelegging og lengde på rør og ledninger, er traseen lagt kortest mulig. I tillegg er det valgt å legge store deler av kabeltraseen sammen med drengroft etter RENbladsprinsippet som beskrevet i kapittel 4.5.5. Dette gjør også at antallet grøfter reduseres. Forsyning til varmesentral er også inkludert i prosjekteringen. Denne sentralen krever også forsyning med EKOM-kabel for sentral styring av anlegget.



Figur 17: EL-plan for prosjektet med tilførsel til lysmaster og varmesentral.

Eksisterende ledningsnett

I kartleggingen av eksisterende ledningsnett, ble det avdekket en telefibertrase som går til telemasten utenfor banens sørvestlige hjørne. Både terrenggrøft og baneutvidelse vil komme i konflikt med denne ledningen. Ledningen er privat og eies av Telia. En evt. omlegging må gjøres i samråd med dem. Det er valgt, som ved de kommunale ledningene over banen, å ikke inkludere en prosjektering av ny trase i denne oppgaven. Nåværende trase er vist på ledningskart i tegningsvedlegg.

4.4 Toppdekket

4.4.1 Fjerning og håndtering av dekket

Eksisterende kunstgressdekket på Sjetne er en standard tredje generasjons bane med pad og innfyll av SBR. Produkttype og spesifikasjoner for matte og pad er ukjent, men gjennomsnittsverdier er benyttet ved utregning av massen vist i Tabell 7. Disse verdiene er hentet fra ekstern veileder. Totalt areal av eksisterende kunstgress er på 5184 m². En total masse på omtrent 143 tonn er å forvente ved fjerning av kunstgresset.

Materiale	Antatt masse (kg/m ²)	Masse (tonn)
Pad	0,5-0,7	3,1
Kunstgressmatte	2	1,0
Sand	15	77,8
SBR	8-10	51,8

Tabell 7: Beregning av vekt av eksisterende kunstgress. Verdiene er basert på standardverdier for ulike komponenter av kunstgress.

Dette skal fjernes og håndteres på godkjent måte. Det har vært et problem med dårlig og mangelfull håndtering av dekker som vist i Figur 18. For å unngå dette er det satt krav til at dekket skal leveres og resirkuleres på godkjent mottak for gjenbruk. Som krav for det nye dekket er det også satt krav om å benytte resirkulerte materialer, men opphavet til disse trenger ikke være det innsendte dekket. Det finnes få plasser som tar imot kunstgressdekker til

resirkulering, så det må mest sannsynlig sendes utenlands og håndteres der. Et resultat av dette er at klubben må regne med en utgift på omtrent 300 000 NOK for resirkulering av dekket (81). I tillegg til dette kan det komme utgifter knyttet til håndtering av kontaminert grunn som beskrevet i kapittel 4.2.1.



Figur 18: Uforsvarlig håndtering av brukt kunstgressdekke med dumping utenfor banen (81).

Ved fjerning av kunstgressdekket skjærer man dekket før man ruller det sammen. Det vil her ligge igjen noe granulat langs disse skjærekantene. Disse må samles opp og leveres sammen med resten av dekket. Fjerning og innlevering av kunstgressdekket skal gjøres samtidig med fjerning av friidrettsdekket beskrevet i kapittel 4.2.3.

Paden som ligger på Sjetne i dag, er slitt og trenger utskiftning. I tillegg skal hele overbygningen rekonstrueres, og det er derfor naturlig med bytte av pad. I tilfeller der paden anses å være i god stand, vil det være lønnsomt å beholde denne ved bytte av dekket.

4.4.2 Krav og utførelse

Sjetne IL er i dag i hovedsak en breddeklubb med lag i barne- og ungdomsfotballen. De fleste av klubbens lag spiller på mindre baner, der kun de eldste lagene spiller på 11er bane. Ved ombygging til 9er og 7er vil banene kunne benyttes av de yngre lagene i større grad. I tillegg til banen på Sjetne har de tilgang til to andre baner som kan benyttes av de eldre lagene. Ved valg av krav til kunstgress kan man da se bort ifra de strengeste kravene til kunstgress, FIFA Quality og FIFA Quality pro. Med lavere krav følger det også med en rimeligere investering som følge av et større utvalg kunstgresssystemer å velge fra. Ved å følge kravene til *NS-EN 15330* vil man tilfredsstille krav til breddefotball og tildeling av spillemidler (35). Det vurderes

til å være tilstrekkelig for Sjetne ILs behov. Det er gjort enkelte justeringer på kravene til *NS-EN 15330*, som vist i tabell 8, for å sikre god funksjonalitet på banen. Disse kravene retter seg stort sett inn på krav til overbygningen, som vil gi påfølgende krav til toppdekket. Kravet til planhet oppjusteres til 8 mm på 4 m rettholt som er et standard krav benyttet av Kjeldaas. Opprinnelig krav var på 10 mm på 3m rettholt. For permeabilitet oppjusteres denne fra 180 mm/t til 280 mm over en periode på 14-20 min. Dette er for å sikre tilstrekkelig permeabilitet gjennom dekket. Dette er i kombinasjon med underliggende krav til permeabilitet i overbygningen. Kravet på 280 mm over en periode på 14-20 min sikrer banens permeabilitet i større grad enn det opprinnelige kravet.

	Egenskap	Krav	Testmetode
1	Ballsprett	45-75% (0,6-1,0m)	NS-EN 12235
2	Ballrulle	4,0-10,0m (4,0-12,0m etter 5 år)	NS-EN 12234
3	Støtdemping	55-70%	NS-EN 14808
4	Vertikal deformasjon	4-9 mm	NS-EN 14809
5	Rotasjons-motstand	25-50 Nm	NS-EN 15301-1
6	Vanngjennomslippelighet	≥280mm/14-20min	NS-EN 12616
7	Planhet	≤8 mm på 4 m rettholt	NS-EN 13036-7

Tabell 8: Krav til funksjonalitet med tilhørende testmetode for nytt kunstgress på Sjetne.

I tillegg til krav til den målte funksjonaliteten til banen skal dekket oppfylle krav til tekniske spesifikasjoner. Disse spesifikasjonene tar for seg beskrivelse av kunstgresset, paden og innfyllsmaterialet, med krav vist i tabell 9. Kravene innbefatter også Lisport test og test av UV stabilitet. Lisport testen skal gjennomføres som Li-Sport XL 200 000 cycle. Det skal sikre at dekket som tilbys holder tilstrekkelig kvalitet etter lengre tids bruk (82).

1	Generelle opplysninger	Minste krav ihht. beskrivelsen	Tilbudt utfylles av Kunstgressentreprenøren
1.1	Merkebetegnelse		
1.2	Ansvarlig produsent for systemet		
2	Beskrivelse av kunstgresset		
2.1	Gressets basismaterialer (%-andeler oppgis)		
2.2	Fibertype (mono, splitt, evt. %-andeler ved blanding)		
2.3	Backing		
2.4	Fibervekt (g/m ²)	>900 g/m ²	
2.5	Fibervekt (dtex)	>12 000 dtex	
2.6	Fibertykkelse (µm)	120 µm	
2.7	Stråtetthet (stk pr m ²)	>10 000 m ²	
2.8	Stråhøyde (mm)	>30 mm	
2.9	Lisporttest (sykluser)	200 000	
2.10	Test av UV-stabilitet		
3	Beskrivelse av støtdempingssjikt, PAD		
3.1	Basismaterialer (%-andeler oppgis)	Skal være plasstøpt av resirkulert materiale	
4	Innfyllingsmaterialet		
4.1	Kvartssand (type, leverandør, mengde i mm og kg/m ²)		
4.2	Granulat (type, leverandør, mengde i mm og kg/m ²)	Skal være av olivenkjerner	

Tabell 9: Krav til tekniske spesifikasjoner for levering av nytt kunstgress.

Dette innebærer at leverandør må sikre at produktet de leverer tilfredsstillende disse kravene ved test. I mengdebeskrivelse og oppdragsbeskrivelsen er det i tillegg beskrevet at leverandør av toppdekket skal levere testskjema fra akkreditert laboratorium og oppgi tekniske spesifikasjoner i tabell 9. Dette skal leveres sammen med tilbudet og skal sikre at dekket som leveres holder ønsket kvalitet. Leverandør skal også stå på NFFs liste over godkjente kunstgressleverandører.

Som nevnt i kapittel 4.2.1 og 4.4.1 er det knyttet vesentlige kostnader til bruk av SBR som innfyll. Det ble nylig innført ny forskrift for utforming og drift av idrettsbaner med plastholdig løst fyllmateriale i Forurensingsforskriften (72). Denne forskriften legger store føringer for

utforming av banen med kantavgrensinger og oppsamling av granulat i drens-systemet. Det er også formulert til Sjetne IL at kommunen ikke ønsker syntetisk innfyll. Det er bestemt at innfyllet på banen skal være av olivenkjerner. Valg av olivenkjerner som innfyll baseres på gode referanser fra lignende baner. Som produkt har dette også vært tilgjengelig i en del år, som gir trygghet for klubben. Det er også den løsningen som ble trukket frem som den mest aktuelle i møte med Sjetne IL.

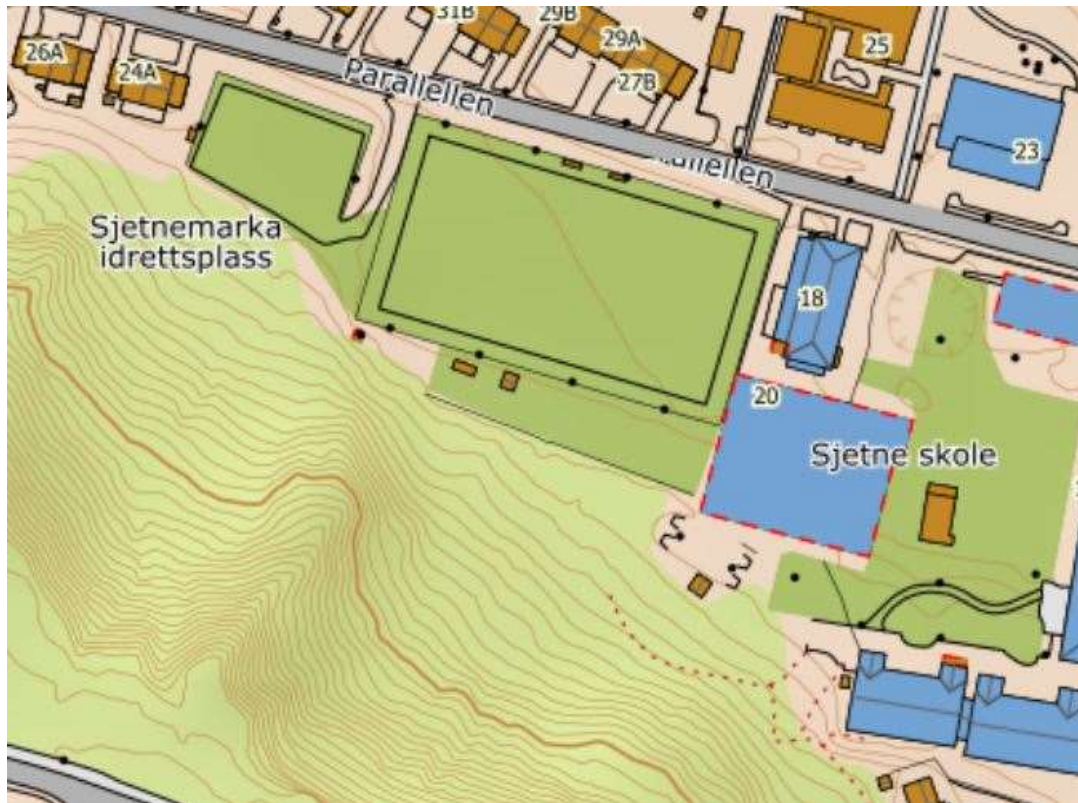
For paden er det satt krav til innholdet, da dette skal komme fra resirkulerte materialer. En plasstøpt pad er valgt foran prefabrikkert, der en plasstøpt ofte har en lengre levetid enn prefabrikkert (10). Valg av pad må ses i sammenheng med valg av matte og innfyll, da det er kombinasjonen av disse som styrer egenskapene til systemet.

Dekket kommer i ruller som rulles ut. Disse leveres som oftest med en lengde som tilsvarer banens bredde. Rullene skal legges på tvers av 9er banen og dermed på langs av 7er banen. Dette for å unngå for mange skjøter. Lengden på rullene vil ikke være et problem, da lengden på 7er banen er under standard bredde for 11er bane (10).

4.5 Drenering

4.5.1 Dreneringskonsept

Opprinnelig dreneringskonsept baserte seg på standard utforming for en kunstgressbane, med drenerør langs traubunn til samledrenerør langs banens ytterkanter. Med dette konseptet foresetter det et takfall på banen som leder vannet ut til sidene. Et slikt fallforhold ville skapt store problemer som nærmere beskrevet i kapittel 4.1.1. Det ble valgt et fallforhold med ensidig fall på 0,8 % fra sørsiden til nordsiden. Mye av bakgrunnen for dette ligger i topografien i området vist i Figur 19. Terrenget på baneflaten heller mot nord-øst som legger føringer for drenering av vannet mot dette hjørnet av banen. En slik utforming begrenser inngrepet på naturens naturlige vannstrømning. Med ensidig fall mot nordsiden, bortfaller behovet for drenerør langs banens sør, vest og østside. Hovedkonsept for drenering blir å la nedbøren drenere vertikalt gjennom banen og ned til traubunn, der vannet ledes langs traubunn i stedet for i drenerør. Vannet samles så opp i drenerør langs banens nordside til samleikum som vist på drensplan i tegningsvedlegg.



Figur 19: Topografi for området Sjetne kunstgressbane. Kraftig helning fra Tonstadbrinken i sør ned mot banen (83).

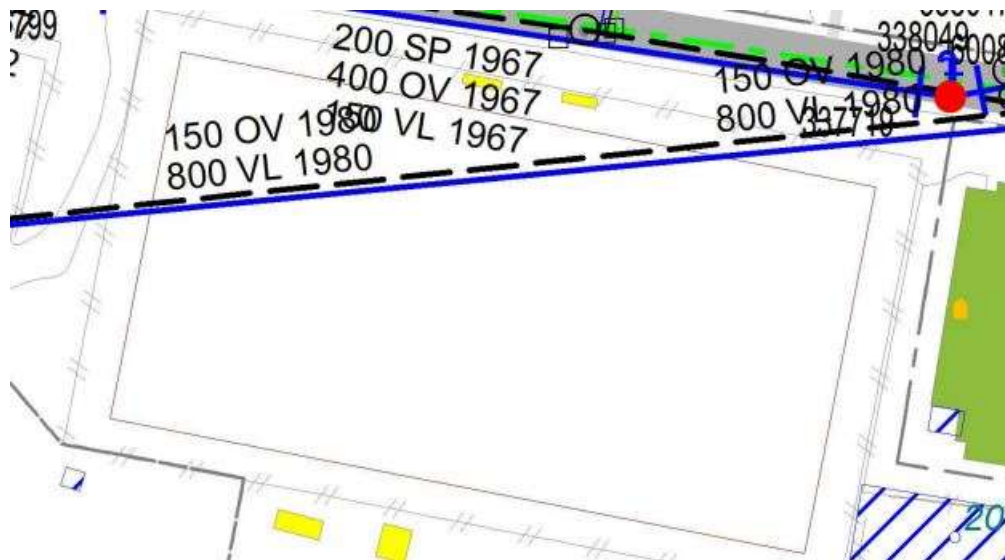
Traubunn antas å ha liten infiltrasjonsevne, da den består av forholdsvis tette masser. Ved styrtregn kan det antas at noe vann vil ledes horisontalt i kunstgressdekket. For å hindre oppsamling av vann i overgang til asfalt er det lagt inn en annen fraksjon i avrettingslaget i denne overgangen for å akselerere den vertikale dreneringen. Fraksjon på tilslag og utførelse er nærmere beskrevet i kapittel 4.1.4. Beregninger gjort i 4.5.2 viser store vannmengder som følge av et stort nedbørsfelt. Bidraget til dette store nedbørsfeltet kommer fra den bratte skråningen sør for banen. For å demme opp for noe av overflatevannet fra denne skråningen er det prosjektert inn en lukket terrenggrøft langs sørsiden av banen. Denne skal hindre at store mengder vann havner inn på banen ved store nedbørsmengder. Grøften er koblet til et drensør som går tvers over banen som vist på *tegning 1.3: Drensplan* i vedlegg.

Ved undersøkelse av eksisterende ledningsnett fra området ble det avdekket rør som krysser banen. Type rør og trase er vist i figur 20. De aktuelle ledningene er Trondheim kommunes eiendom. For å avdekke omfang og evt. tiltak ved bygging, ble det opprettet kontakt med kommunen. Mailutvekslingen avdekket et gravehensyn i avstand 10 meter i begge retninger fra vannledningen. Et slikt gravehensyn vil komme i direkte konflikt med bygging av banen.

Hvordan dette ble håndtert ved bygging av banen i 2006, er uvisst. Om gravehensynet ikke var gjeldene på aktuelt tidspunkt, eller om det ble gitt dispensasjon. For omleggelse av ledningene ble det kommunisert følgende fra kommunen:

«Eventuell omlegging av kommunal 800 VL/150 OV må avklares/godkjennes skriftlig av avdeling Kommunalteknikk i forkant, omfattende prosjektering må utføres.»

Gruppen er klar over at dette vil skape store utfordringer i prosjekteringen av banen. En omfattende prosjektering som denne omleggelsen krever, vil skape begrensninger på andre deler av oppgaven. Det er derfor besluttet, i samråd med ekstern veileder, å se bort ifra denne problemstillingen i oppgaven.



Figur 20: Eksisterende VA-ledninger som krysser baneområdet.

4.5.2 Nedbørsfelt

Nedbørsfelt er et område med felles avrenning til vassdrag eller utløp (84). På Sjetne vil topografien sørge for mye tilsig fra de høyereliggende områdene rundt. Forventet område er vist i Figur 21, der området er delt inn i tre separate felt. Drenssystemet består av ulike komponenter for å håndtere vannmengdene. Inndelingen av feltene skal representere disse komponentene på best mulig måte. Vannet i blått område vil ende opp på parkeringsplass og ut i drensør tilhørende denne. Terrenggrøften vil på sin side ta imot mengdene fra det gule feltet. Banen i seg selv er et eget system, som ikke lett lar seg beskrive av konvensjonelle metoder for beregning av vannmengde og ses på som et separat bidrag. Summen av disse bidragene vil si noe om den totale vannmengden man kan forvente fra utløpet til banen.



Figur 21: Inndeling av nedbørsfelt for utregning av total vannmengde for drensytetmet (83).

4.5.3 Beregning av vannmengde

Beregning av dimensjonerende overvannsmengde for nedbørsfeltet rundt banen baseres på gjeldende veileder fra Trondheim Kommune (37). Valg av metode er tatt på bakgrunn av størrelsen på nedbørsfeltet og gjeldene data fra området. Diskusjon rundt valg av formel med tilhørende koeffisienter ble tatt etter diskusjon med Rolf Edvard Petersen ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU, som tidligere har undervist i dette fagfeltet. Den rasjonelle formel ble bestemt å være tilstrekkelig i dette tilfellet, da dette er et lite felt med forholdsvis enkle forhold. Ved bruk av denne formelen må verdier som avrenningskoeffisient, gjentaksintervall og nedbørintensitet bestemmes for å kunne regne ut spissavrenning (flomtopp) og den totale vannmengden.

Avrenningsfaktor

Rundt valg av avrenningsfaktor for skråningen var det noen ulikheter, der verdiene beskrevet i veilederen fra Trondheim kommune, var noe konservative etter Petersens mening. Kommunen anbefaler verdier på 0,3 til 0,5 for dette underlaget, der alt under 0,4 kun må benyttes i spesielle tilfeller (37). Statens vegvesens Håndbok V240 (39) benytter verdi helt nede i 0,2 for denne overflaten og med tilsvarende helning.

For å kunne vurdere de ulike koeffisientene mot hverandre er det utført beregninger for både laveste (0,3) og høyeste avrenningskoeffisient (0,5) i henhold til kommunens anbefaling. En fremtidig økning i avrenningskoeffisient som følge av fortetting av overflatene i skråningen, er svært usannsynlig. For asfalt på parkeringsplass ble verdi satt til 0,9 (37). For avrenning av nedbørsfelt med ulike overflater benyttes en midlere koeffisient som likning [6] i kapittel 2.4.3. I dette prosjektet gjelder dette det kombinerte feltet med skråning og parkeringsplass (blått område), da de andre er homogene felt. I kombinasjon med henholdsvis lav (0,3) og høy (0,5) avrenningskoeffisient fra skråningene ble midlere koeffisient i blått område (ref.figur 21) regnet ut å være 0,38 og 0,55. Dette skyldes i hovedsak den høye avrenningsfaktoren på parkeringsplassen.

Dimensjonerende gjentaksintervall og klimafaktor

For dimensjonerende gjentaksintervall er det valgt til 50 år, som er gjennomsnittlig tidsintervall for hver gang denne nedbørsmengden opptrer. Denne perioden skal være mer enn tilstrekkelig for å dekke levetiden til banesystemet. Med stadige fremskritt i utvikling og dimensjonering av baner anses dette å være tilstrekkelig for prosjektets aktualitet. Forventet levetid for bane er 10 år for kunstgressdekket og en del lengre for overbygningen. Ett gjentaksintervall på 25 år ville vært i grenseland for dimensjonerende gjentaksintervall. En større periode enn dette anses å være unødvendig. En økning i nedbør som følge av klimaendringer er dekt av et klimapåslag. Klimapåslaget er hentet fra Norsk klimaservicesenter som er et samarbeid mellom Meteorologisk institutt og en rekke andre institusjoner (85), der verdier fremkommer av Tabell 10.

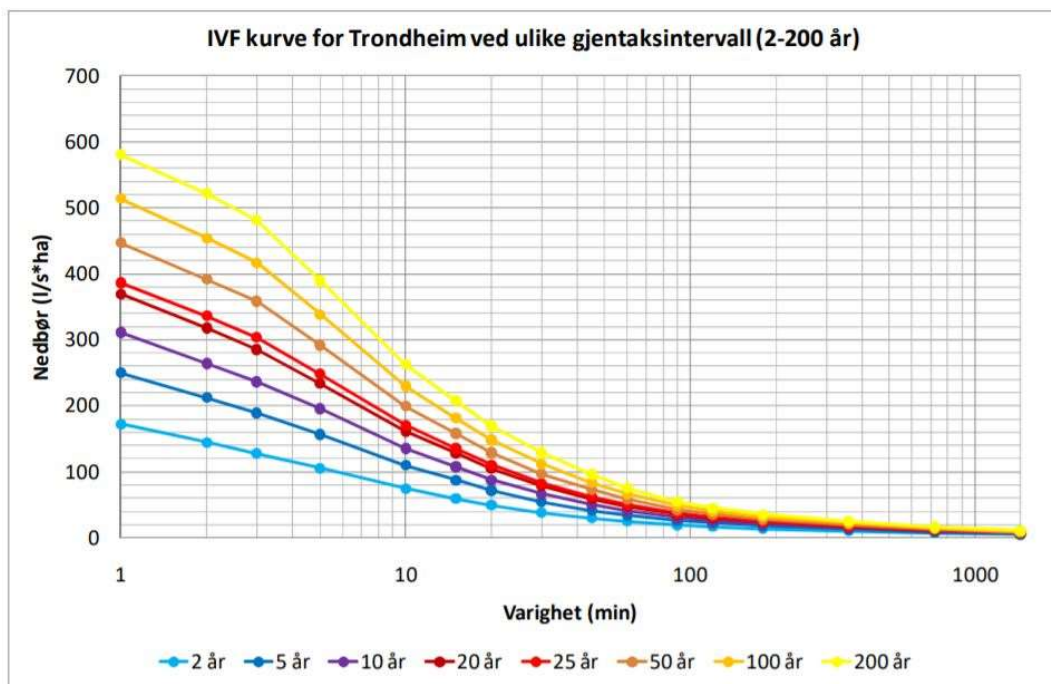
	Dimensjonerende gjentaksintervall < 50 år	Dimensjonerende gjentaksintervall ≥ 50 år
≤ 1 time	40 %	50 %
>1 – 3 timer	40 %	40 %
>3 – 24 timer	30 %	30 %

Tabell 10: Klimapåslag for dimensjonerende gjentaksintervall og varighet på nedbør (85).

Konsentrasjonstid og nedbørintensitet

Som beskrevet i likning [1], består konsentrasjonstid av både tilrenningstid på overflaten og tid i grøft/rør. Tilrenningstid er bestemt ut fra tabell og diagram hentet fra Trondheim kommunes VA-norm (37). Ved å beregne lengde og fall på nedbørsfeltet kan man ut ifra diagram lese av tid for avrenning på overflaten. Forskjell i tilrenningstid for de to områdene ble funnet å være relativt like, med verdier på 10 min ved lav avrenning og 15 min for høy avrenning. Da det generelt er knyttet stor usikkerhet til resultat av beregning av vannmengde (26), er det valgt å gjøre noen forenklinger som beskrevet i kapittel 2.4.2. Dette gjelder i hovedsak beregning av tid i grøft/rør der vi benytter oss av likning 4 med en antatt vannhastighet på 1 m/s.

Bidrag fra tid i rør ble regnet ut til 57 sekunder og 111 sekunder for henholdsvis drensør fra terrengrøft og drensør fra parkeringsplass. Konsentrasjonstid ble funnet å være 11-12 min for lav avrenning og 16-17 min for høy avrenning. I kombinasjon med gjentakintervall kan man lese av verdi for nedbørintensitet fra IVF-kurve. Relevant kurve for dette prosjektet er IVF-kurve for Trondheim, hentet fra kommunens VA-norm som fremkommer av Figur 22 (37). I henhold til Imhoffs sats opptrer maksimal vannføring der regnvarighet er like lang som konsentrasjonstiden. Der ulikheten i konsentrasjonstid er relativ liten er det benyttet samme nedbørsintensitet for begge feltene.



Figur 22: IVF-kurve for Trondheim, som viser gjentakintervall (graf) og varighet (x-akse). Ved bruk av disse verdiene kan man lese av dimensjonerende nedbørintensitet (y-akse)(37).

Baneområdet

Som nevnt i kapittel 4.5.2 faller ikke beregning av vannmengde for kunstgressflaten inn under vilkårene satt i normale beregningsmetoder. Bestemmelsen av avrenning og tilrenningstid kan ikke tas på bakgrunn av tabeller og skjemaer tilknyttet benyttet metode for beregning av vannmengde. Disse parameterne må bestemmes ut fra undersøkelser i felten. Videre kan databaserte simuleringsmetoder være den mest hensiktsmessige metoden for slike tilfeller. Likevel er det forsøkt å gjøre noen antakelser, for å vurdere bidraget fra kunstgressbanen inn på total vannmengde fra nedbørsfeltet skissert i kapittel 4.5.2.

I studien av Simpson (27) ble det registrert nedbør opp mot utslipp fra banene. Avrenningstopp på utløp ble registrert fra 2 timer til over et døgn senere. Verdi på avrenningstopper var adskillig lavere enn forventet, i forhold til tilhørende nedbørsperiode, med tilsvarende lengre periode for utslipp fra banen. Resultatet fra denne studien peker også på en del infiltrasjon ned i grunnen, som vil være minimal i leirelagene på Sjetne. Oppbygning av banen vil også spille inn, da alle resultatene knyttet til studien er fra baner i Storbritannia. Med lite behov for frostsikring og andre miljøforhold kan det medføre andre verdier for permeabilitet og fordrøyning.

En annen angrepsvinkel kan være å se på kravet til permeabiliteten til banen, med krav satt i kapittel 4.1. Metoden bak kravet er riktignok basert på et usannsynlig scenario, der man har en høy vannsøyle på banen. Økt trykk som følge av den høye vannsøylen, vil gi akselerert permeabilitet langt over reell verdi. Benytter man likevel 180 mm/t som utgangspunkt får man en tid på inntil tre timer ned til traubunn. Et mindre trykk på overflaten vil gi et antatt påslag på denne tiden. Med bakgrunn i disse antagelser og observasjoner i studier er det rimelig å anta at man kan se bort fra spissavrenning fra baneområdet ved utregning av maksimal vannføring.

Beregninger

Nedenfor er det gjort beregninger for spissavrenning og total vannmengde fra nedbørsfeltet. Dette er overslagberegninger med hensikt å gi ett innblikk på total vannføring fra utløpet til banen. Resultatene viser en relativt stor forskjell ved bruk av ulike avrenningsfaktorer. En økning fra 0,3 til 0,5 for skråningen vil gi en dobling av spissavrenningen som vist i Tabell 11. Tillat påslippsmengde på kommunalt nett vil ikke kunne håndtere volumet som kommer ved korte intensive regnbyger. Påslippsmengden representerer kun 13 % og 6,7 % av spissavrenningen. En forsinkelse og utjevning av denne avrenningstoppen er nødvendig for å minske trykket på utløpsledningen.

Φ : Avrenningsfaktor	A: Areal(ha)	I: N.intensitet (L/s*ha)	K: Klimafaktor	Q: Spissavrenning(L/s)
Skråning				
0,3	1,37	160	1,5	99
0,5	1,37	200	1,5	205
Skråning+parkeringsplass				
0,38	1,215	160	1,5	111
0,55	1,215	200	1,5	200
Total				
Lav avrenning				210
Høy avrenning				405

Tabell 11: Beregnet spissavrenning for to områder basert på likning [5].

Den totale vannmengden i Tabell 12 viser rørets lave kapasitet i forhold til varighet på nedbør. Der en varighet på opp mot et døgn er nødvendig for at utslippsmengde skal overstige total nedbørsmengde i gitt periode. Volumet av kort nedbør er forholdsmessig høy i forhold til lengre nedbørsperioder. Der en regnskur med 60 min varighet tilsvarer 40 % av totalt volum for en 24 timers periode.

Scenario	Varighet (min)	Vannmengde (m ³)
Lav avrenning ($\Phi = 0,3$)	60	564,8
Lav avrenning ($\Phi = 0,3$)	1440	1535,4
Høy avrenning ($\Phi = 0,5$)	60	753,8
Høy avrenning ($\Phi = 0,5$)	1440	2021,2
Utslippsmengde (27 l/s)	60	99,0
Utslippsmengde (27 l/s)	1440	2376,0

Tabell 12: Total vannmengde basert på ulik avrenningsfaktor (Φ) for skråningen og total mengde for varighet på 1 og 24 timer. Figuren viser også total tillatt utslippsmengde fra banen i de gitte tidsrommene.

Resultatene i Tabell 12 viser store forskjeller knyttet til avrenningsfaktor og klimapåslag. Med valg av høy vs. lav avrenning skiller det 40 % på total vannmengde. Det er også verdt å legge merke til at bidraget på total vannmengde er relativt likt for de tre feltene, med spennvidde fra 653 m³ til 692 m³. Dette til tross for at baneområdet har vesentlig mindre areal. Pga. grunnforholdene er infiltrasjon i grunnen ekskludert fra beregningene. Dette på bakgrunn av forholdsvis tette masser og en noe høy grunnvannstand. Et slikt scenario med null infiltrasjon vil sjelden opptre i praksis, der det alltid vil være noe infiltrasjon. Å fastslå verdien kan være vanskelig å gjøre i teorien. Reell verdi må fastslås ved tester på ferdig avrettet og komprimert traubunn. Med infiltrasjonsmengde satt til null, i kombinasjon med en rekke andre ugunstige

faktorer, representerer verdiene i tabell 12 maksverdien for vannmengde i løpet av de neste 50 årene.

Avrenningsfaktor	Areal(ha)	Nedbørintensitet (L/s*ha)	Klimafaktor	Varighet(min)	Vannmengde(m ³)
Skråning					
0,3	1,370	73	1,5	60	162,0
0,3	1,370	9	1,3	1440	415,5
0,5	1,370	73	1,5	60	270,0
0,5	1,370	9	1,3	1440	692,5
Skråning+P.plass					
0,38	1,215	73	1,5	60	182,0
0,38	1,215	9	1,3	1440	466,7
0,55	1,215	73	1,5	60	263,0
0,55	1,215	9	1,3	1440	675,5
Bane					
	0,560	73	1,5	60	220,8
	0,560	9	1,3	1440	653,2

Tabell 13: Bidrag fra ulike nedbørsfelt til total vannmengde.

4.5.4 Fordrøyning

Som utredet i kapittel 2.3.2 har banens overbygning egenskaper og kapasitet for å forsinke og lagre store mengder vann. Med liten mulighet for utslipp til lokalt vannløp eller utløp, må vannet fra banen slippes på kommunal kum. På Sjetne vil grunnforholdene også bidra til at minimalt av vannet infiltreres ned i grunnen. Påslippsmengden på 27,5 l/s er bare en brøkdel av vannmengden beregnet i kapittel 4.5.2. Utfallet blir at vannmengden må fordeles over en lengre periode. Banens fordrøyningsvolum må dermed utnyttes. Dette volumet består av banens overbygning, grøfter, kummer og rør. Overskridelse av denne mengden kan føre til det blir stående vann på banen, men erfaringer hos Kjeldaas viser at dette ikke vil gjøre permanent skade på overbygningen.

Lag	Areal (m ²)	Tykkelse (mm)	Volum (m ³)	Porevolum (%)	F.volum (m ³)
Kunstgress	4748	40	189.2	10	18.9
Asfalt	862	40	34.5	20	6.9
Pad	4748	12	57	45	25.6
Bærelag	5610	200/280	1293.2	25	323.2
Drenslag	5610	70	392.7	10	39.3
					413.9

Tabell 14. Fordrøyningsvolum (F.volum) for ulike lagdeler av kunstgressbanen. Utregningen er basert på prosentvist porevolum for de ulike massene/materialene.

Fordrøyningsvolum for deler av konstruksjonen er vist i tabell 14. Verdier for porevolum for de utvalgte materialene, er hentet fra studien utført av Simpson (27), som beregnet detaljerte fordryningsvolum for ulike baner. Tilslag og tilhørende materialeegenskaper kan variere noe fra tilsvarende masser benyttet i dette prosjektet. Beregningene vil likevel gi et godt innblikk i fordryningsvolumet til banen. Avrettingslaget og XPS er begge ekskludert fra beregningene, på bakgrunn av liten påvirkning på totalen eller manglende informasjon. XPS har vist å ha relativt lav fukt og vannopptak, med ett vannopptak på 0,18-0,34 % etter å ha vært nedsunket i vann i 13 uker (38). Dets bidrag kan dermed utelukkes fra beregningene. For avrettingslag er det noe usikkerhet knyttet til porevolum, da denne er sterkt knyttet opp mot komprimering av laget. Som det tetteste laget i konstruksjonen er det rimelig å anta at dets porevolum ikke vil gi betydelig bidrag til totalt volum.

Type grøft	Masser	Areal (ha)	Lengde (m)	Porevolum (%)	Fordrøyningsvolum (m ³)
Drens+OV					
	Dren.massar	0.5	87	10 %	4.4
Terreng					
	Pukk	0.47	97	30 %	13.7
	Bærelag	0.41	97	25 %	9.9
Kombinert grøft					
	Dren.massar	0.94	133	10 %	12.5
EL-singel					
	Dren.massar	0.3	59	10 %	1.8
EL-utvidet					
	Dren.massar	0.51	109	10 %	5.6
					47.8

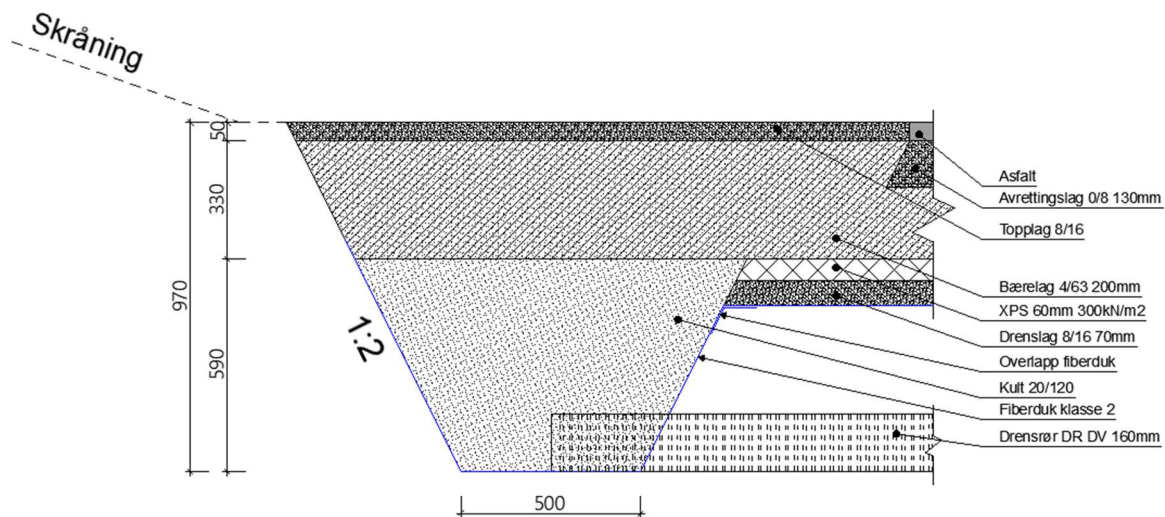
Tabell 15: Fordrøyningsvolum for ulike grøfter basert på utregnet volum og porøsitet.

Verdiene fra tabell 14 og tabell 15 gir et samlet fordrøyningsvolum på 461,7 m³. Sett i sammenheng med total utslippsmengde for en periode på 60 min i Tabell 12 (99 m³), vil dette være rett i underkant for total vannmengde for lav avrenning beregnet i tabell 12, med 560,7 m³ mot 564 m³. Med komponenter som rør, kummer og avrettingslag utelatt fra beregningene, vil beregnet volum være tilstrekkelig for denne varigheten og avrenningen. Ved bruk av avrenningskoeffisient $\Phi = 0,5$ vil det være for liten kapasitet. I et slikt scenario vil det renne av en del vann fra overflaten av banen pga. et mett system. Med fall mot nord vil mye av dette vannet renne ut i terreng og vei sør for banen. For å kunne sikre seg mot slike scenarioer vil det være mulig å øke tykkelsen på bærelaget, da denne inneholder størst porevolum. Dette vil da medføre en del ekstra kostnader for klubben. I fremtiden og i nedbørsutsatte områder kan det være nødvendig med et tykkere lag for å sikre tilfredsstillende kapasitet. For dette prosjektet er det besluttet å ligge på standard tykkelse for overbygning.

For å hindre overflatevann å renne inn på banen er det lagt inn en avskjærende grøft langs sørsiden. Denne er koblet på banens drens-system med et drensrør som går på tvers av baneområdet. For å kunne utnytte overbygningens fordrøyningsvolum er det lagt inn et overløp på terrenggrøften. Dette innebærer at bærelaget i overbygningen er lagt helt ut i terrenggrøfta. Der kapasitet av drensrør og utslipp ikke er tilfredsstillende for spissavrenning utregnet i Tabell 11, vil vann i terrenggrøft stige. Når kapasiteten til grøfta overstiges, vil vannet renne inn i overbygningen via bærelaget. Her vil vannet lagres til det er ledig kapasitet på drens-systemet. Denne utformingen vil ikke være funksjonell på alle typer baner, da fallforhold har stor betydning. En bane med takfall vil ha fall ut mot sidene og dermed motvirke en evt. vannføring inn i overbygningen som følge av motstridende fallforhold.

Terrenggrøfta utformes som en lukket grøft oppfylt med puk som sammenkoblet med bærelaget som skissert i figur 23. For å få en god overflate med godt estetisk uttrykk, er det lagt inn et lag med drenerende masser med fraksjon 8/16 i topp. En finere fraksjon ble vurdert som topplag, men egenskapene var ikke forenelig med grøftas funksjon. En finere fraksjon vil svekke dreneringsegenskapene til grøfta. Med stor avrenningen fra skråningen, er det viktig med et drenerende topplag som avskjærer i tilstrekkelig grad, før vannet når ut på kunstgresset. For å øke volumet, og dermed fordrøyningsvolumet, ville det vært aktuelt med utvidelse i både bredde og dybde. Ifølge geotekniske rapporter fra området er grunnvannstanden noe høy, spesielt nær skråningen i sør (80). En større grøftedybde kunne vært risikabel, da grøften ligger svært nær skråningen. Dybde blir derfor noe redusert og tilpasset drensrøret. Strømning i grøft

til dette påkoblingspunktet ble opprinnelig tenkt og ivaretas ved fall på grøft. Med drenerørrets plassering i bunn av grøft vil det oppstå strømminger til dette punktet. Det ble derfor besluttet å legge grøfta uten fall. For bredde hindrer både terrengets utforming og tomtegrense en utvidelse.



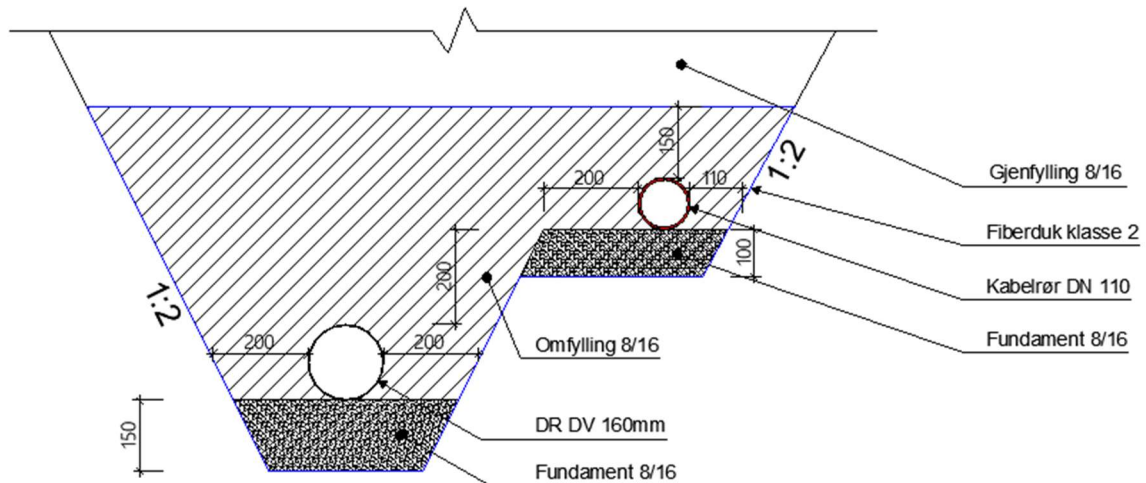
Figur 23: Overgang terrenggrøft til overbygning som viser at bærelaget i overbygningen trekkes helt ut og integreres som en del av grøfta. Dette for å skape et overløp ved store vannmengder i grøfta. Dermed kan overbygningens fordrøyningsvolum utnyttes i større grad.

Med stadig større klimapåkjenninger med større nedbørsmengder kan fremtidige krav medføre en større grad av lokal håndtering av overflatevann med bruk av kunstgressbaner. Fremtidige løsninger kan være å utnytte banens fordrøyningsvolum i større grad. En mulig løsning kan være en utvidelse av prinsippet som vist på Figur 23, der banens overbygning innlemmes som en del av det lokale nettet. I urbane strøk med begrenset mulighet for håndtering av overvann kan dette være en kilde for å håndtere en del av vannmengdene. Slike løsninger vil riktignok kreve en omfattende prosjektering for å utforme løsninger som vil fungere i praksis.

4.5.5 Grøfteutforming

Standard utforming for grøfter ble benyttet ved utarbeidelse av grøftetverssnitt. Drens og OV-rør utformes på samme måte. Fundament utføres med fraksjon 8/16 i en tykkelse på 150 mm ferdig komprimert. Omfylling av rørene utføres med samme fraksjon til en høyde 300 mm over rør. Avstand til grøftevegg er 200 mm. For å minske omfanget av grøftegraving, skal drenergrøft kombineres med kabelgrøft etter RENbladsprinsippet (86) som vist på Figur 24 der ledningsføring tillater dette. Noen endringer er gjort for å oppnå ønsket effekt på dreneringen.

Normalt brukes kabelsand i utførelse av kabelgrøfter. Dette tilslaget har gjerne fraksjon 0/4, som er ugunstig for dreneringen. Det blir i stedet benyttet tilslag med fraksjon 8/16, som gir en bedre løsning av dreneringen av grøfta. For å skille massene i grøfta fra de stedlige massene vil det benyttes fiberduk (klasse 2).



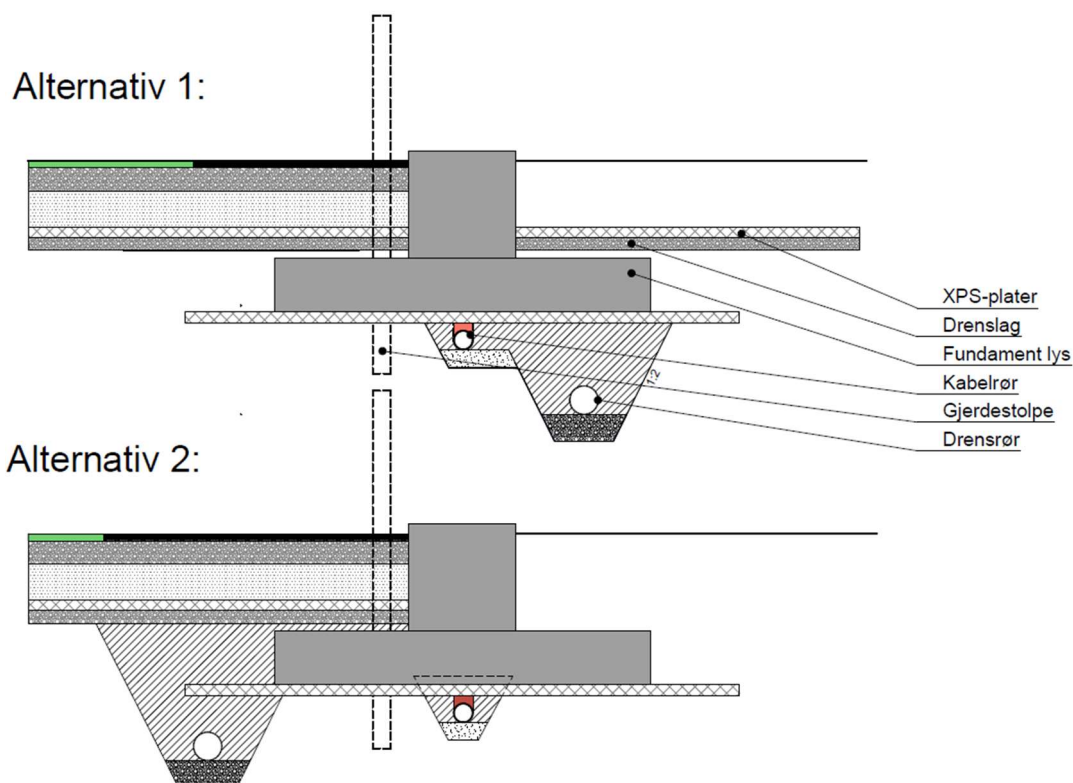
Figur 24: Kombinert grøft for VA og EL etter RENbladsprinsippet. Tverrsnittet angir tykkelse på lag og minimumsavstand mellom rør og mellom rør og grøftevegg.

4.5.6 Valg og plassering av rør

Dimensjonering av drensør er et resultat av overvannsmengden beregnet i kapittel 4.5.3 og påslippsmengde på kommunalt nett. Denne mengden er på 27,5 l/s. Valg av materiale og dimensjon er etter retningslinjer gitt i Trondheim kommunes VA-norm (87). Som dimensjon på drensørene ble 160 mm valgt, med material av PP og trykkklasse SN8. For overvannsrør ble et tett rør med dimensjon 200 mm brukt med samme type materiale og trykkklasse som for drensørene. Med dimensjon 200 mm er det tilstrekkelig kapasitet for å sikre full utnyttelse av påslippsmengden. Banens plassering gir en høydeforskjell på over en meter mellom samleikum på banen og kommunal kum plassert i veien nord for banen. Et stort fall følger med en slik høydeforskjell og ledningen kan ligge noe høyt i terrenget på denne strekningen. Siden denne ligger utenfor banens isolasjonslag, må denne isoleres frem til telefri dybde i henhold til gjeldende normer. En slik vurdering tas på arbeidsplass av entreprenør. Kombinasjon av de tre drensørene og størrelse på kum danner grunnlaget for dimensjonering av rør. En større dimensjon ville vært lite hensiktsmessig, da summen av vannmengden i rørene ville vært

betydelig større enn mengden som kan slippes på kommunal kum. Fall på rør settes til 1:100, som er standard fall for rør på kunstgressbaner.

Som nevnt i kapittel 4.5.4, skal grøftene for drenerør kombineres med kabelrørgrøfter etter RENbladsprinsippet. Ved plassering av grøfter og rør oppstod det et par problemer. Stolpene for gjerdene går om lag en meter ned i bakken som vil være så dypt at det vil komme i konflikt med grøfta. Dette problemet, kombinert med ønske om å drenere fundamentgroppa, skapte krysninger som på papiret skapte uønskede løsninger. Rørkablene for tilføring til lysmaster måtte også føres inn til lysmastene. Med denne ledningstraseen ville enhver stolpe langs nordsiden slås rett ned i grøften. Flere ulike løsninger ble diskutert, der man blant annet så på muligheten til å legge drenerør på yttersiden av gjerdet og fundamentet som vist på figur 25, som ville løst mange av problemene knyttet til krysninger. En stor ulempe ville vært at man måtte utvidet isoleringslaget for å sørge for isolering av rørene. En bedre løsning ble derfor å legge grøftene med nok klaring på innsiden av gjerdet for å unngå at gjerdestolpene stikker ned i grøften som skissert i alternativ 2. For tilførsel til lysmaster legges rørkablene i en sløyfe innom fundamentet. Slike tilpasninger blir gjort på byggeplass ved anleggelse av grøftene.



Figur 25: Alternativ 1 viser kombinert grøft under lysfundament, der XPS-platene må trekkes langt ut for å isolere røret. I alternativ 2 vil kabelrøret legges i en sløyfe under fundamentet. Her vil rørledningen være godt isolert av isolasjonsplatene i banens overbygning.

4.5.7 Valg av kummer

Kummenes hovedfunksjon er å tilrettelegge for enkel tilgang til rør og ventiler. Samlepunkt eller krysningspunkt mellom rør er naturlige plasseringer for kummer. Som resultat av ensidig fall, er det begrenset med rør knyttet til banen. Det faktum at det i praksis kun er rør langs nordsiden, begrenser behovet for kummer. Sammenkoblinger legger premisset for kun en kum på området, der man har et nordgående drenerør som kobles på drenerøret langs nordsiden. I dette punktet samles drenerør fra tre retninger, og er dermed en ideell plassering av en samlelum for videre utslipp på kommunalt nett. Et redusert antall rør og kummer vil gi en innsparing i både arbeider og materialer.

Drens- og overvann kan tilføre en del sand og grus inn i rørsystemet. Dette er uheldig, med tette rør som mulig resultat. Utfallet av dette er en redusert kapasitet på systemet. Normal praksis er å etablere sandfang for å bøte på problemet. Med bakgrunn i dette blir det benyttet sandfangskummer i dette prosjektet. I tillegg til sandfang i samlelum er det behov for sandfangskum i overgangen mellom bane og parkeringsplass. Dette for å sikre at vann fra parkeringsplass ikke fører med seg sand og grus inn i dreneringsystemet til banen.

Dimensjonering av kummene er basert på samlet omfang av rør og vannmengde. En noe mindre dimensjon er valgt på kum i overgangen mellom parkering og bane, med DN 650 mot samlelum med DN 1000. Dette er vurdert å være tilstrekkelig for dette prosjektet. Standard BASAL betongkummer ble benyttet, med henholdsvis 750 mm og 1000 mm sandfangshøyde som skal sikre tilstrekkelig sandfangsvolum. Kummene utstyres med dykker etter dimensjonerende utløpsledning, som er 160 mm og 200 mm. For å styre påslippsmengde skal det installeres en vannføringsregulator (virvelkammer) i samlelummen.

Kombinasjon av sandfang med infiltrasjon ned i grunnen (infiltrasjonskum) er en løsning som kan benyttes, hvis grunnforholdene tillater det. Fordelen med dette er at det reduserer vannføringen, da vann føres ned i grunnen. En slik løsning vil være noe dyrere og forholdene for infiltrasjon må være til stede. Med antatt tette masser i grunn, anses omstendighetene å være utilstrekkelige for infiltrasjon ned i grunnen i dette prosjektet.

4.6 Parkeringsplass

Parkeringsplassen vest for banen tilhører Trondheim kommune, der Sjetne IL har en langtids leiekontrakt. Ny bane vil medføre en utvidelse i vest som direkte berører parkeringsplassen. Tilgang for vedlikeholdskjøretøy og brukere er i dag gjennom kjøreport og sluse i det nordvestlige hjørnet, som er ved innkjørsel til parkeringsplassen. Ny prosjektert kjøreport er flyttet til det sørvestlige hjørnet, der disse endringer medfører en ny utforming av parkeringsplassen. En tettere integrering og bedre utnyttelse av plassen er grunnene til å omfatte denne delen i prosjektet. Dette er inngrep som må gjøres i samarbeid med kommunen, da dette er offentlig eiendom. Terrenget tilsier også en del utgravinger i skråningen som må avklares med kommunen.

Etablering av ny traubunn og fallforhold må plasseres inn i det helhetlige konseptet for banen. Dreneringsegenskapene vil være forskjellig fra banen, der store mengder avrenning fra overflaten er å forvente. Et fallforhold inn mot banen, anses med hensyn til dette som lite ønskelig. Fallforhold blir lagt mot nord, med fall på 1,5 %. Noen endringer må etableres for tilpasning ned til kjøreport og varmesentral, der nivået på parkeringsplassen ligger i snitt 0,7 meter over banen. Detaljerte fallforhold er vist på tegning 1.2 i tegningsvedlegg. For drenering vil det etableres grøft med drenerør langs nord med påkobling til sandfangskum tilknyttet banen. En forsenkning av toppen av grøfta for å sikre avrenning ned i grøft ble vurdert. I områder med lite fall eller ugunstige fallforhold sikrer dette at vannet ender opp i grøften. Fall fra parkeringsplass mot vei er tilstrekkelig, som vist på tegning 1.2 i tegningsvedlegg. Dette medfører at en nedsenkning ikke er nødvendig.

Overbygning er i henhold til Vegvesenets Håndbok N200s anbefalinger for parkeringsplasser med bærelag av knust grus over forsterkningslag av puk (26). Dimensjonering av disse lagene er basert på undergrunnens egenskaper i henhold til bæreevnegruppe. Med en del leire og silt gir dette tykkelser på 500 mm for forsterkningslag og 150 mm for bærelag. Med en tykkere overbygning for parkeringsplass er det valgt å gå ned på tykkelsen på forsterkningslaget for å få en jevn overgang fra traubunn til traubunn. Dette gjelder i området mellom port og rampe på parkeringsplass. Med funksjon som adgangsområdet til banen, er dette området ikke ment å ha langvarig last fra parkerte kjøretøy. Å gå ned på tykkelsen på forsterkningslaget anses å være uproblematisk. Tykkelse og innhold på asfalt settes til ett lag Agb (asfaltgrusbetong). Normal praksis er to lag: bindlag og slitelag. Med forventet belastning vurderes behovet for to lag å

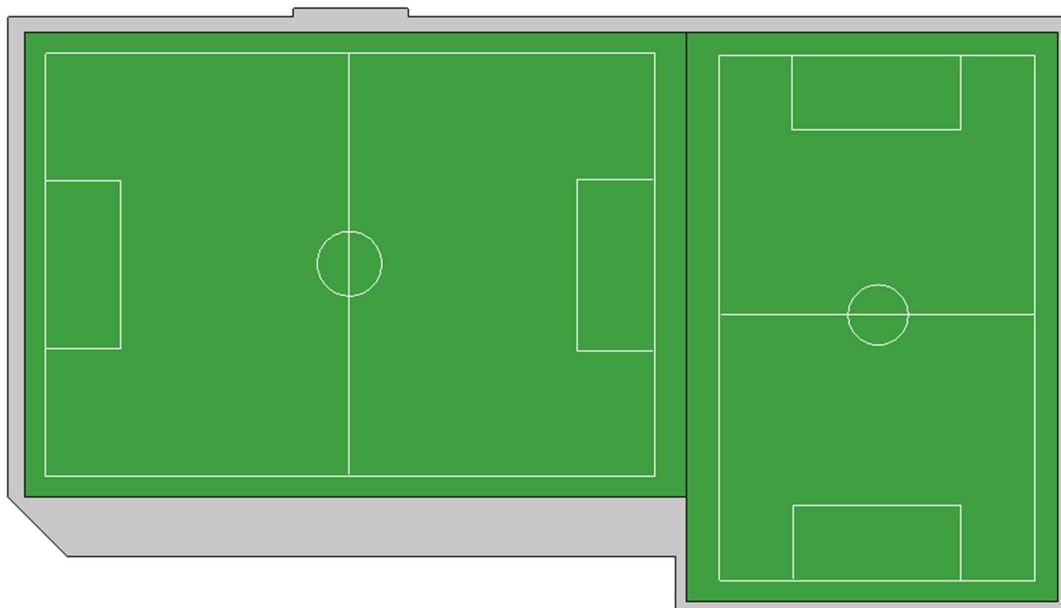
være lite. Nærmere dimensjonering og valg av bindemiddel og tilslag i asfalt er ikke vurdert. Dette er valg som overlates til utførende entreprenør.

4.7 Utforming

4.7.1 Spilleflate

Ved valg av spilleflate er det flere forhold man må vurdere, med størrelse på tomt, brukstid og størrelse på bane(r) for å nevne noen. Som nevnt i kapittel 4.1 har klubben bestemt seg for å bygge om fra en større bane til to mindre. Utforming av total spilleflate kan gjøres på mange ulike måter. Med begrenset tomtstørrelse ble det valgt å legge den største banen på langs og den minste på tvers. Disse er planlagt som to separate baner, men på en felles spilleflate som vist på figur 26. Dette gir mulighet for fullverdig spill på begge baner samtidig. En annen løsning kunne vært å plassere 7er banen på tvers av den ene halvdel av 9er banen, med en liten utvidelse for å oppnå nok lengde på 7er banen. Denne er en enda mer kompakt versjon, men vil ikke innby til fullverdig spill på begge banene samtidig.

Solforhold og orientering av banene ble tidlig i prosjektet diskutert som et punkt for utforming. Prinsipielt ønsker man å etterstrebe like forhold for begge lag. En situasjon der det ene laget får solen midt imot, spesielt lav morgen- og kveldssol, er uheldig. Orientering nord-sør er dermed å foretrekke, men tomteforholdene på Sjetne ga lite rom for tilpasning av dette. 9er banen vil derfor oppleve problemer med lav sol som følge av dette, spesielt om kvelden.



Figur 26: Prosjektert nye spilleflate for Sjetne kunstgress. Snølager langs 9er banens sørside.

Kravene til sikkerhetssoner på baner under 45 m x 90 m er minimum 3 meter rundt hele banen, hvor minimum 2 meter skal være kunstgress (10). På grunn av størrelse på tomt og økonomi er banen prosjektert å ligge så nære som mulig disse minimummålene. Dette innebærer at banens sikkerhetssoner er etter minimumsmålene med 2 meter kunstgress og resterende er asfalt. Pga. tekniske anlegg som ledningsgrøfter, kummer og undervarme, er det nødvendig med noen justeringer på bredden i asfaltsonen. Langs vestsiden er det anlagt grøft for samlestock for undervarme. Denne skal med fordel legges under asfalt, noe en bredde på en meter ikke tillater. Bredden på asfaltsonen blir derfor økt med 500 mm langs denne siden. På nordsiden er behovet for plass større pga. plassering av grøfter, kummer og innbytterbenker. Som er resultat av det økte plassbehovet er bredden også her økt til 1,5 meter i asfaltsonen. Langs de resterende områdene er asfaltsonen på 1 meter, bortsett fra i snølageret som har en større bredde som vist på figur 26. Denne store vekslingen i bredde på sikkerhetssonen er ikke gunstig estetisk, men med en utforming basert på å utnytte tilgjengelig areal, er dette et kompromiss som totalt sett er vurdert som den beste løsningen.

På grunn av størrelsen på tomten er det valgt banestørrelser som er de minste som aksepteres. 7er bane er 30m x 50 m og 9er bane er 40 m x 58 m. Dette er banestørrelser som er tilpasset bruk i barnefotballen. For eldre brukere anbefales større dimensjoner for samme type bane. Pga. plassmangel, ønske om to baner og brukernes alder ble det besluttet å gå for disse banestørrelsene, på tross av at 9er banen i utgangspunktet burde vært større.

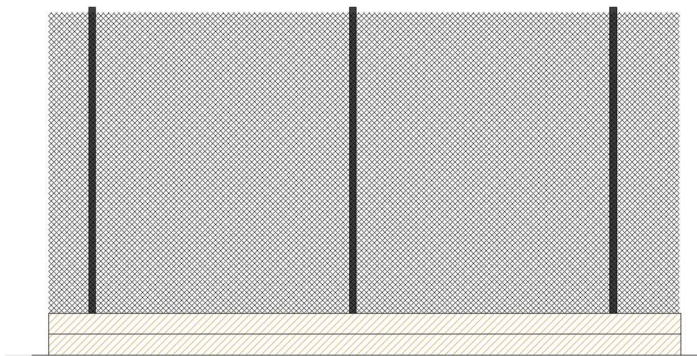
4.7.2 Gjerder og ballfangernett

Gjerder og ballfangernett skal sørge for at ballen holder seg innenfor baneområdet samtidig som de skal beskytte trafikk, biler, hus, personer og lignende som befinner seg utenfor. Det er viktigst å plassere beskyttelse bak målene. Der plasseres det ballfangernett med en høyde 5 meter over topp kunstgress. Maskevidden på ballfangernett er mindre de to første meterne for å hindre klatring i nettet. Maskestørrelse er her 45 mm som økes til 100 mm etter to meter. Standard bredde på ballfangernett er på 20 m og 40 m, men det må i dette prosjektet gjøres tilpasninger.

Det brukes standardbredder bak tre av målene. For 7er banen brukes 20 meter, og 40 meter for 9er banen. Ballfangernett bak det vestre 9er målet må økes i lengde for å beskytte biler på parkeringsplassen. Lengden blir her fra kjøreport til hjørnet på banen som vist på situasjonsplan (tegning 1.1) i vedlegg. For å minimere risikoen for skader på biler på veien ser gruppa behovet for å øke høyden på gjerdet langs nordsiden. Høyde på dette gjerdet blir da på 3 meter. Samme

høyde blir benyttet langs baneområdets østside for å beskytte fasaden til klubbhuset og inngangen til Sjetnehallen. Resterende færemomenter er beskyttet av banens ballfangernett og resterende høyde på gjerdet rundt banene er derfor på en meter.

Gjennom entreprenør ble en rekke mulige løsninger skissert for utforming og dimensjonering av gjerdene og ballfangernettet. En kunne valgt en løsning med kombinasjon av fundament for gjerde med kantavgrensning. En slik løsning vil kreve adskillig overdimensjonering av fundamentene og store ekstrakostnader som følge av dette. Store kostnader kan også forventes ved bruk av kantstein som avgrensning rundt banen. Valget falt på en rimeligere løsning med flettverksgjerder, der gjerdestolpene slås ned i grunnen. Nederst på gjerdene plasseres det to stykk impregnerte terrassebord som festes i nedkant av netting i flukt med asfaltdekke som kan ses på figur 27. Dette gjøres for å hindre spredning av innfyll. Det er valgt bort tradisjonell SBR- granulat, men likevel velges det å ha med en kantavgrensning for å hindre spredning. Dette for å holde mest mulig av innfyllet på banen så man slipper unødvendig etterfylling.



Figur 27: Flettverksgjerde med kantavgrensning av terrassebord i nedkant for å begrense svinn av granulat.

4.7.3 Snølager

En rekke faktorer spiller inn på plassering av snølageret, der tomtegrensen vil sette begrensinger for både plassering og størrelse på lageret. I tillegg til å lagre snø, må snølageret være tilgjengelig for bortkjøring av snø hvis snømengdene blir for store. Naturlig plassering ble da langs sørsiden av 9er banen, der man har god tilgang via kjøreporten til banen. Med tiltenkt bruk vinterstid skal kun 9er banen benyttes. Optimalt sett kunne man da benyttet 7er banen for snølagring, men dette hindres av gjerde og ballfangernett mellom banene.

Gjennom vinteren vil noe av innfyllet bli med brøytingen og havne i snølageret. Store mengder innfyll i snølageret er et normalt syn på våren som vist på figur 15. Da det benyttes organisk innfyll på Sjetne, vil konsekvensene på miljøet som følge av dette være minimale. Det kan likevel være aktuelt og samle opp noe av innfyllet for gjenbruk, men dette er valg som må tas av klubben. Aktuelle tiltak kan være å legge duk under snølageret for enklere oppsamling av innfyllet.

4.7.4 Vanningsanlegg

Det ble vurdert behov for vanningsanlegg, dette ble imidlertid vurdert som for lite sett opp mot kostnader. Vanningsanlegg er stort sett knyttet opp til baner med toppfotball, der funksjonskravene er vesentlig høyere. Med et breddeanlegg vil ikke en redusert funksjonalitet i perioder ha noen større konsekvenser for spillerne. Et vanningsanlegg kan koste rundt 300 000 NOK, i tillegg vil det komme årlige utgifter knyttet til drift og forbruk. Sett opp mot banens lokalisering mtp. sol og varme, vurderes behovet for vanningsanlegg å ikke rettferdiggjøre prisen.

4.9 Undervarme

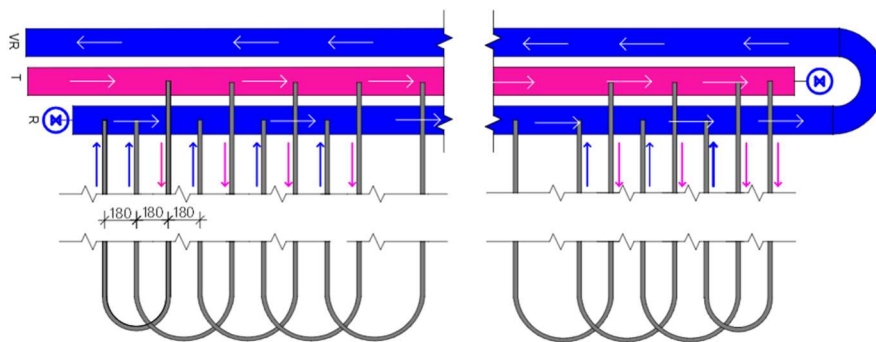
Behovet for undervarme må vurderes mot den økonomiske kostnaden et slikt anlegg vil gi. Et undervarmeanlegg vil holde banen myk og dermed bedre spilleforholdene gjennom vinteren. I områder med milde vintre vil det være mulig å opprettholde gode spilleforhold uten bruk av undervarme, mens det for steder med kaldere klima vil være mer utfordrende. Uten undervarme vil banene oppleves harde ved kuldeperioder, kjemikalier kan imidlertid være med på å opprettholde noe av banens funksjonsegenskaper hvis ikke temperaturene blir for lave (64). Ved valg av undervarme må Sjetne IL gjøre en vurdering basert på egen økonomi og ønsket banekvalitet gjennom vinteren. Da gruppa har liten kjennskap til Sjetnes økonomi velges det å ikke konkludere rundt dette valget. For å lage en komplett beskrivelse prosjekteres det inn et undervarmeanlegg selv om det ikke konkluderes rundt valget.

Undervarme legges kun under 9er banen, ved å gjøre dette senkes kostnadene knyttet til investering og drift. I tillegg rapporterer Sjetne om færre brukstimer vinterstid som gjør behovet

for to åpne baner mindre. 7er banen vil dermed stå med snø om vinteren, mens 9er banen med undervarme vil ha gode spilleforhold året rundt.

En utfordring med å legge undervarme i 9er banen, men ikke i 7er banen når de ligger så tett, er at det kan oppstå telehiv mellom banene. På bakgrunn av erfaringer fra Kjeldaas er telehiven vurdert til å kunne bli opptil 10 cm, hvor anslagsvis 1-2 % vil være igjen hver gang banen tiner om våren, dette vil da tilsvare 1-2 mm.

Det er en avstand på over 6 meter mellom spilleflaten til banene, men fordi undervarmen trekkes 2 meter ut fra spilleflaten, vil den reelle avstanden fra kant undervarme til spilleflate på 7er banen være rett over 4 meter. Denne avstanden medfører at telehivet vil komme mellom banene og spilleflatene vil dermed være relativt uberørte. Om dette er en hensiktsmessig løsning i praksis eller om en bør øke avstanden mellom banene bør vurderes nøyere enn omfanget av denne oppgaven tillot. Skissert konsept for fordeling og senteravstand på rør er vist på figur 28.



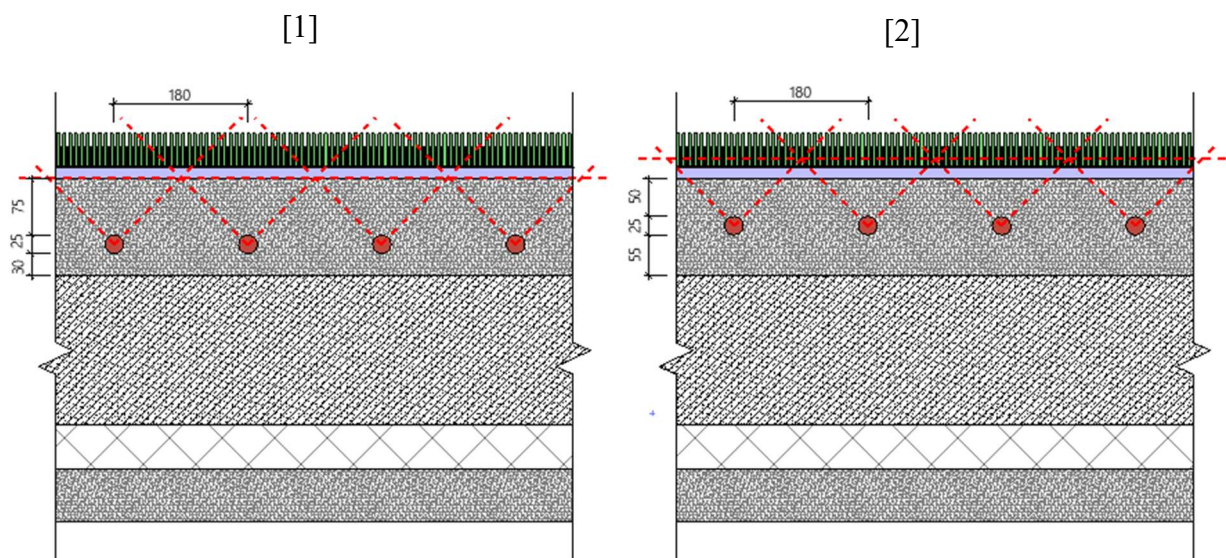
Figur 28: Prinsippskisse som viser koblingen mellom rørfordelere og varmerør. Med avstand mellom varmerør og piler som viser strømningsretning til væske.

Undervarmeinstallasjonen har blitt prosjektert etter et system som baseres på at en oppvarmet væske av vann/glykol sirkulerer i varmerør under banen. Væsken varmes opp av en varmesentral før den sirkulerer gjennom tilførsrør videre til rørfordeler. Væsken fordeles da til varmerørene gjennom rørfordeleren. Til varmesentral skal det benyttes biogass, dette vil gi nok effekt samtidig som det regnes som CO₂-nøytralt (88). Varmesentral er plassert ved parkeringsplass, nær rørfordelerne som gir kort avstand og dermed lite varmetap, samtidig som det er enkel tilkomst for påfylling av væske. Tilførsrør og rørfordelere isoleres med en EPS-kasse med 50 mm tykke vegger. Dette skal sikre at varmetapet fra rørene holdes til et minimum. Varmerørene kobles så sammen med rørfordeler, det må da skjæres hull i EPS-kassen for å knytte disse rørene sammen.

Vurdering høyde på varmerør

Ved plassering av varmerør må en ta hensyn til avstand mellom rør, høyde på rør i avrettingslaget og temperatur på væske i rør (62). Etter diskusjon med entreprenør ble det bestemt å gå for 180 mm mellom hvert enkelt varmerør. Dette har vist seg å være en god løsning i praksis. Videre er det vurdert plassering av rørene i avrettingslaget. Figur 29 viser to mulige løsninger der alternativ [1] har 75 mm fra topp rør til topp avrettingslag, mens alternativ [2] har 50 mm. Det er her skissert hvordan varmen sprer seg med en antatt varmespredning på 45°. Man ser da at ved alternativ [1] vil kryssningen av varmespredningen være rett etter overgangen mellom avrettingslag og dempesjikt. For alternativ [2] vil denne kryssningen være et stykke over paden og inn i innfyllet.

Valgt løsning blir å legge rørene med en overdekning på 75 mm som i alternativ [1]. En vil da få mindre temperaturforskjell mellom feltene i topplaget og rørene vil ligge mer stabilt som følge av en større masse over lagene (89). En noe større varmemengde må regnes med som et resultat av økt dybde (89). En annen virkning er at det vil skapes et større varmemagasin som holder lengre på varmen. Mer undersøkelse av senteravstand og leggingsdybde for påvirkning av energieffektivitet er grunnlag for videre arbeid.



Figur 29: Figuren viser ulik plassering av varmerørene i avrettingslaget. Figurene viser hvordan plasseringen av varmerørene virker inn på oppvarming av topplaget. Alternativ (1) viser løsning hvor det er 75 mm fra padtil varmerør. Alternativ (2) viser løsning hvor det er 50 mm fra pad til varmerør.

Styringssystem

Som styringssystem er det valgt en tradisjonell metode basert på to varmesensorer som plasseres under kunstgresset. Dette kobles opp mot en styringsenhet som plasseres i container sammen med varmesentralen. Sammen med en værstasjon bidrar dette til å styre forbruket. En annen løsning som ble vurdert, var å kjøpe produktet til Guard eller et lignende system. Med dette systemet kunne man kanskje ha optimalisert bruken enda mer. Basert på resultater fra Odd kan dette utgjøre en stor kostnadsbesparelse (65).

Der banen på Sjetne er vesentlig mindre enn en full 11er bane, vil utgiftene være mindre og dermed også potensialet for innsparing. Med en etableringskostnad og årsavgift er man avhengig av en god inntjening for at dette skal gå opp. Dette kombinert med at produktet er lite utprøvd i markedet og det dermed finnes få referanseprosjekt vurderes det til at det ikke er en ønsket løsning i dette prosjektet. Det skal derfor installeres et tradisjonelt styringssystem med sentral styring.

Undervarme som solfanger

En mulighet som ble undersøkt, er å bruke undervarmesystemet som solfanger. Ved å gjøre dette, kan man utnytte banens store areal til å skape miljøvennlig energi som kan tilføres nærområdet. Det vil imidlertid bety en stor investeringskostnad og samtidig finnes det få referanseprosjekt som har vist dette systemet i praksis. Det er derfor vurdert til at det ikke går for en slik løsning. Prinsippet virker imidlertid interessant så det bør være aktuelt for videre studier.

4.10 Tilhørende dokumenter

4.10.1 Oppdragsbeskrivelse

Som et ledd i prosessen med utarbeidelse av mengdebeskrivelse ble det definert funksjon og ønsker gjennom en oppdragsbeskrivelse. Dette var et ønske fra entreprenør som en forsmak på utførelse av mengdebeskrivelsen. Denne redegjør for ønsket funksjon for alle de ulike komponentene i prosjektet. Formålet med oppdragsbeskrivelsen er å gi et overblikk og redegjørelse for omfang av prosjektet for aktuelle entreprenører og andre berørte.

Det ble vurdert å gå i dybden rundt offentlig anskaffelse ved byggeprosjekt. En slik fordypning ville blant annet ha resultert i detaljerte kontraktsbestemmelser for prosjektet. Dette er et viktig tema, men litt utenfor oppgavens kjerne. Med hensyn på tidsbruk ble det besluttet å ikke inkludere denne i oppdragsbeskrivelsen. Noen generelle detaljer rundt kontraktsbestemmelser er likevel inkludert. Valg av kontraktsform stod mellom NS 8405 og NS 8406. Da disse regulerer kontraktsbestemmelser mellom entreprenør og byggherre, der byggherre eller konsulent har prosjekteringsansvaret. Forskjellen på disse ligger i hovedsak på varslingsregler og konsekvensen av disse. Kort fortalt er NS 8406 en noe forenklet versjon av NS 8405 (90). På bakgrunn av dette falt valget på NS 8406 for dette prosjektet.

4.10.2 Mengdebeskrivelse

Mengdebeskrivelsen er utarbeidet på bakgrunn av valg og løsninger tatt i kapittel 4. Postene er ment å omfatte de arbeider man kan forvente ved ombygging av banen. Tilgjengelig informasjon rundt eksisterende anlegg er noe begrenset, som gir noen antakelser på enkelte poster. Disse antakelsene omfatter type materialer og mengden av disse. Beskrivende poster regnes likevel for å kunne gi et realistisk bilde av forventede arbeider.

I henhold til kapittel 4.2.1 er det lagt inn en opsjonspost som skal omfatte alle arbeider knyttet til en eventuell håndtering av kontaminerte masser som følge av miljøkartleggingen. Kartleggingen av massene er vanskelig å gjennomføre før prosjektstart, da de ligger under kunstgressdekket. En slik opsjonspost med mye usikkerhet, kan gi problemer med prising av arbeidet. Den mest hensiktsmessige metoden ble derfor å legge den inn som en opsjonspost. På denne måten får man også synliggjort problemet på en helt annen måte.

Detaljeringsgrad og omfang av poster varierer stort mellom ulike prosjekt. En løsning med færre poster som omfatter større arbeider ble valgt i dette prosjektet. Ved å begrense mengden poster, håper gruppa å kunne minske tidsbruken for prising av mengdebeskrivelsen. Færre poster kan føre til at det blir mindre detaljering som følge av at koden for posten ikke omfatter alle arbeidene, og man må derfor beskrive omfanget av posten i større grad.

Det ble utarbeidet to separate mengdebeskrivelser, en for grunnarbeid med kompletterende arbeider og en for legging av kunstgresssystemet. Det ble delt inn i relevante kapitler for de ulike

arbeidene med tilhørende underkapitler. Kapitlene og underkapitler er med enkelte unntak satt opp etter når i prosjektet arbeidene gjennomføres. Dette for å gi en bedre oversikt.

Fjerning av eksisterende kunstgress omfattes av grunnarbeidene. En logisk plassering ville vært å legge fjerning av kunstgressdekket sammen med legging av nytt kunstgressdekket da dette omfatter samme produkt, men leverandør for kunstgress har i utgangspunktet ingen større tilknytning til håndtering av eksisterende kunstgress enn det entreprenører har. I utgangspunktet er dette en jobb som verken entreprenør eller leverandør ønsker å ta på seg. Av praktiske hensyn ble det valgt å legge fjerning av dekket under mengdebeskrivelsen for grunnarbeid, da dette gir mindre organisering og grensesnitt mellom entreprisene.

4.10.3 GIA-modellen kunstgress

For å sikre at ønsket kvalitet oppnås er det utviklet et tilskudd kalt GIA-K (vedlegg 4) til GIA-modellen (55). Tilskuddet er spesifikt rettet mot bygging av kunstgressbaner og kan være med på å kvalitetssikre at prosjektering og utførelse blir gjennomført etter de krav og standarder som stilles. GIA-K er ment som et supplement og ikke som en erstatning til GIA-modellen. Det begrensede omfanget til GIA-K har bakgrunn i oppgavens omfang, hvor det blant annet ses lite på det organisatoriske.

Som GIA-modellen er GIA-K basert på en beslutningsportalmødel, som sett i figur 30 er det spørsmål som stilles for hvert steg i byggeprosessen. Spørsmålene skal være et ja/nei-spørsmål, hvor alle spørsmål må være besvart før man går videre til neste delfase.

GIA-K er rettet mot klubber, organisasjoner og entreprenører, der det under hver delfase er forklart hvem som er deltakende i den aktuelle fasen. For klubber kan tilskuddet være en kontroll for å sikre at anlegget oppfyller ønskede krav. For entreprenører kan GIA-K være en ekstra sjekk for å sikre at viktige aspekt ved byggingen er vurdert.

Idefase

Deltakere i fasen: Klubb/ organisasjon, rådgivere

I idefasen skal man utrede muligheten og behovet for ett nytt idrettsanlegg. Fokuset skal ligge på å avdekke behov og formål med det nye anlegget slik at man er best mulig forberedt når prosjekteringen starter. Idéfasen gjennomføres internt i klubben og i samarbeid med kommunen eller eksterne rådgivere.

	Ja/Nei	Dato	Sign
Har man avdekket klubbens/organisasjonens behov?			
Dekker det dagens behov?			
Dekker det fremtidens behov?			
Har man vurdert hvem som skal bruke anlegget?			
Er det vurdert hvilken banestørrelse(r) det er behov for?			
Er det vurdert hvilket type anlegg man ønsker? (Lokalt, nasjonalt, internasjonalt)			
Er det undersøkt muligheten for kombinasjon av flere idretter?			
Har man satt i gang prosessen for utvelgelse av kunstgressprodukt?			
Har man vurdert hvilke funksjonskrav man ønsker for banen?			
Har man (startet) innhentet erfaringer fra andre baner med aktuelt produkt?			
Har det blitt vurdert muligheten for at brukerne/klubben kan teste bane med tilsvarende produkt?			
Er det vurdert hvordan man skal gjennomføre regelmessig vedlikehold?			

Figur 30: Utklipp fra GIA- K som viser spørsmål knyttet til idefasen.

5 Konklusjon

Med oppgavens omfang er det utarbeidet et konsept for konstruksjon og utførelse av kunstgressbaner. Ulike valg og begrunnelser er basert på å kunne fungere i det aktuelle prosjektet og samtidig ha en generell utforming. Det er i noen tilfeller tatt inn elementer som ikke er like aktuelt for det pågående prosjektet på Sjetne, men som har en verdi for helhetlig bygging av kunstgressbaner.

Plassering av banene, med en på langs og en på tvers, ble funnet å være den mest hensiktsmessige. Tomtegrense ble funnet å være den begrensende faktoren og ønsker om plassering i forhold til solforhold og estetikk ble dermed ikke tatt hensyn til. Med begrenset areal og noe dårlig grunnforhold, ble det valgt å gå for minimumsmål for størrelse på banene. Dette for å minske inngrepene, spesielt mot skråningen i sør. Med hellende terreng mot nord, la dette premisset for valg av fallforhold. Ved bruk av standardisert fall (takfall) oppstår problemer med innbyrdes fallforhold og drenering. Et fallforhold med ensidig fall mot nord ble vurdert til å være den beste løsningen for banen.

Konstruksjon og oppbygging av banen er utformet på bakgrunn av samtaler og vurderinger med entreprenør. Det viktigste momentet knyttet til overbygningen ble funnet å være banens permeabilitet, der avrettingslaget er den begrensende faktoren. Samtaler med entreprenør avdekket de viktigste tiltakene for sikre banens permeabilitet. Disse tiltakene er valg av tilslag, utførelse og kontroll av utførelsen. Kontrollen utføres både i forkant, ved opprettelse av et testfelt, og på ferdig utlagt avrettingslag.

For å kunne utnytte banens fordrøyningskapasitet er det gjort beregninger knyttet opp mot forventede nedbørsmengder i en 50-års periode. Kapasiteten er beregnet til 461,7 m³, som er tett opp mot vannmengden for en varighet på 60 min med avrenningskoeffisient lik 0,3 for skråningen. Det vil generelt være stor usikkerhet til resultatet av slike metoder, men med bidrag fra infiltrasjon ned i grunnen satt til null, er kapasiteten funnet tilfredsstillende. Utnyttelse av denne kapasiteten er forsøkt maksimert ved å utforme terrenggrøften med overløp inn i banens overbygning.

For at resultatene i oppgaven skal ha størst nytteverdi for aktuelle brukere, er det basert på GIA-modellen, laget en spesifikk modell rettet mot bygging av kunstgressbaner. Valg av mottaker er tenkt å være både klubb/organisasjon og entreprenør. Da det er en del overlapp og

sammenheng mellom disse to gruppene innehar modellen punkter til begge partene. Selve utformingen av spørsmålene er lagt opp som referansemodellen med ja/nei spørsmål som må besvares for å kunne gå videre i modellen. En slik utforming ble vurdert som den beste og knytter den opp mot referansemodellen.

6 Videre arbeid

Oppgavens resultat med mengdebeskrivelse og tegninger er ment som detaljerte beskrivelser for bygging av kunstgressbaner. Med begrensinger satt i oppgaven, er det behov for ytterligere detaljprosjektering for å kunne få en komplett beskrivelse for alle tilhørende felt. Dette gjelder i stor grad lys og EL-anlegg, der kun infrastruktur er omfattet i oppgaven. I tillegg kan lysforurensing fra banen undersøkes i større grad, da dette er et lite omtalt felt i Norge.

Ved beregning av vannmengde og fordrøyningsvolum er det gjort noen forenklinger. Resultatene fra disse beregningene viser bare i grove trekk omfanget av disse. En videre beregning og sammenligning fra flere baner er nødvendig for å forstå det fulle omfanget av banens fordrøyningskapasitet. Et slikt resultat kan være et viktig element i en generell kunnskapsdatabase for bygging av kunstgress.

Grunnet oppgavens omfang er det gjort noen begrensinger, der en detaljert vurdering og prosjektering av lys og EL-anlegg, samt fordrøyningsvolum kan være aktuelt for videre arbeid.

7 Figurliste

FIGUR 1: FORSKJELLEN PÅ MONO (VENSTRE) OG SPLITTFILM FIBRE (HØYRE) (19).....	8
FIGUR 2: FORANKRING AV KUNSTGRESSMATTE UTEN INNFYLL FOR Å FORHINDRE FORSKYVNING (FOTO: BJØRN AAS).....	9
FIGUR 3: FALL PÅ BANE LEGGES FRA MIDTEN OG UT TIL SIDENE. JEVNT FALL FRA STRAFFEMERKET OG NED TIL DØDLINJEN.	13
FIGUR 4: IVF-KURVE SOM VISER FORVENTET NEDBØR SOM RESULTAT AV VARIGHET OG GJENTAKSINTERVALL PÅ NEDBØREN (41).	20
FIGUR 5: PQRUT-MODELLEN	23
FIGUR 6: UTDRAG AV MENGDEBESKRIVELSE FOR SJETNE KUNSTGRESS, SOM VISER KODE FOR POSTEN MED TILHØRENDE KRAV OG MENGDEENHET OG VERDI FOR POSTEN.	25
FIGUR 7: UTDRAG FRA GIA MODELLEN MED SPØRSMÅL OG FELT FOR Å KONTROLLERE GJØREMÅL (55).....	28
FIGUR 8: KONTAMINERT JORD SOM FØLGE AV SPREDNING AV GRANULAT FRA KUNSTGRESSBANE (69).	33
FIGUR 9: OMRÉGNINGSFAKTOR FRA FAST TIL LØS OG ANBRAGT MASSE FOR ULIKE MASSETYPER ETTER TABELL 7.4-1 I HÅNDBOK R761 (76).	34
FIGUR 10: KART OVER KVIKKLEIREFOREKOMST PÅ SJETNE. GULT OMRÅDE VISER KVIKKLEIRESONE MED LAV FAREGRAD (78).....	38
FIGUR 11: MULIG UTFORMING AV FALLFORHOLD MED PROSJEKTERT SPILLEFLATE (HEL STREK). STIPLSET STREK VISER FALLFORHOLD VED UTVIDELSE TIL 11ER BANE.....	40
FIGUR 12: SKISSERT KOMPLETT OVERBYGNING MED ULIK TYPE ISOLERING. VENSTRE VISER DRENSLAG UNDER XPS-PLATER, MENS HØYRE VISER ETT LAG MED LETTKLINKER.	41
FIGUR 13: OVERGANG MELLOM 7ER (VENSTRE) TIL 9ER (HØYRE). 9ER BANE SKAL HA UNDERVARME SOM GIR ETT TYKKERE AVRETTINGSLAG I FORHOLD TIL 7ER BANEN SOM ER UTEN.	42
FIGUR 14: OVERGANG MELLOM KUNSTGRESS OG ASFALT. MED OPPSAMLING AV VANN PÅ OVERFLATEN I DENNE OVERGANGEN ER DET LAGT INN EN ANNEN FRAKSJON I AVRETTINGSLAGET FOR Å ØKE PERMEABILITETEN.	44
FIGUR 15: SPREDNING AV GUMMIGRANULAT UTENFOR BANEN (FOTO: BJØRN AAS).....	45
FIGUR 16:UTKLIPP FRA LYSBEREGNING AV 9ER BANEN PÅ SJETNE, SOM VISER LYSSTYRKEN FORDELT UT OVER BANEN MED BEREGET RESULTAT TIL HØYRE.....	49
FIGUR 17: EL-PLAN FOR PROSJEKTET MED TILFØRSEL TIL LYSMASTER OG VARMESENTRAL.	51
FIGUR 18: UFORSVARLIG HÅNTERING AV BRUKT KUNSTGRESSDEKKE MED DUMPING UTENFOR BANEN (81).....	53
FIGUR 19: TOPOGRAFI FOR OMRÅDET SJETNE KUNSTGRESSBANE. KRAFTIG HELNING FRA TONSTADBRINKEN I SØR NED MOT BANEN (83).	57
FIGUR 20: EKSISTERENDE VA-LEDNINGER SOM KRYSSER BANEOMRÅDET.....	58
FIGUR 21: INNDELING AV NEDBØRSFELT FOR UTREGNING AV TOTAL VANNMENGDE FOR DRENSYSTEMET (83).	59
FIGUR 22: IVF-KURVE FOR TRONDHEIM, SOM VISER GJENTAKSINTERVALL (GRAF) OG VARIGHET (X-AKSE). VED BRUK AV DISSE VERDIENE KAN MAN LESE AV DIMENSJONERENDE NEDBØRINTENSITET (Y-AKSE)(37).....	61
FIGUR 23: OVERGANG TERRENGRØFT TIL OVERBYGNING SOM VISER AT BÆRELAGET I OVERBYGNINGEN TREKKES HELT UT OG INTEGRERES SOM EN DEL AV GRØFTA. DETTE FOR Å SKAPE ET OVERLØP VED STORE VANNMENGDER I GRØFTA. DERMED KAN OVERBYGNINGENS FORDRØYNINGSVOLUM UTNYTTES I STØRRE GRAD.	67
FIGUR 24: KOMBINERT GRØFT FOR VA OG EL ETTER RENBLADSPRINSIPPET. TVERRSNITTET ANGIR TYKKELSE PÅ LAG OG MINIMUMSAVSTAND MELLOM RØR OG MELLOM RØR OG GRØFTEVEGG.....	68

FIGUR 25: ALTERNATIV 1 VISER KOMBINERT GRØFT UNDER LYSFUNDAMENT, DER XPS-PLATENE MÅ TREKKES LANGT UT FOR Å ISOLERE RØRET. I ALTERNATIV 2 VIL KABELRØRET LEGGES I EN SLØYFE UNDER FUNDAMENTET. HER VIL RØRLEDNINGEN VÆRE GODT ISOLERT AV ISOLASJONSPLATENE I BANENS OVERBYGNING.	69
FIGUR 26: PROSJEKTERT NYE SPILLEFLATE FOR SJETNE KUNSTGRESS. SNØLAGER LANGS 9ER BANENS SØRSIDE.....	72
FIGUR 27: FLETTVERKSGJERDE MED KANTAVGRENSING AV TERRASSEBORD I NEDERKANT FOR Å BEGRENSE SVINN AV GRANULAT.	74
FIGUR 28: PRINSIPPSKISSE SOM VISER KOBLINGEN MELLOM RØRFORDELERE OG VARMERØR. MED AVSTAND MELLOM VARMERØR OG PILER SOM VISER STRØMNINGSRETNING TIL VÆSKE.	76
FIGUR 29: FIGUREN VISER ULIK Plassering AV VARMERØRENE I AVRETTINGSLAGET. FIGURENE VISER HVORDAN Plasseringen AV VARMERØRENE VIRKER INN PÅ OPPVARMING AV TOPPLAGET. ALTERNATIV (1) VISER LØSNING HVOR DET ER 75 MM FRA PAD TIL VARMERØR. ALTERNATIV (2) VISER LØSNING HVOR DET ER 50 MM FRA PAD TIL VARMERØR.....	77
FIGUR 30: UTKLIPP FRA GIA- K SOM VISER SPØRSMÅL KNYTTET TIL IDEFASEN.	81

8 Tabelliste

TABELL 1: INNDELING I BÆREEVNEGRUPPER ETTER INNHOLD OG KLASIFISERING AV TELEFARLIGHET AV UNDERGRUNNEN I HENHOLD TIL HÅNDBOK N200 (26).....	11
TABELL 2: ANSLAG FOR VOLUMENDRING VED KOMPRIMERING AV ULIKE MASSER (29).....	15
TABELL 3: KRAV TIL KUNSTGRESS FOR ULIKE DIVISJONER I ET UTDRAG AV EUROPEISKE LAND (49).....	26
TABELL 4: KRAV TIL KUNSTGRESSBANE MED TILHØRENDE TESTMETODE FOR TILDELING AV SPILLEMIDLER (35).....	27
TABELL 5: BEREGNINGEN MED FAST VOLUM, OMREGNINGSFAKTOR TIL LØS MASSE (<i>f</i> volum), OMREGNINGSFAKTOR TIL MASSE (<i>f</i> vekt) OG TOTAL MASSE FOR ULIKE MASSER I PROSJEKTET.....	47
TABELL 6: UTDRAG AV KRAV FOR LYS PÅ BANEN, FOR TILDELING AV SPILLEMIDLER ETTER NS-EN 12193 (56).....	48
TABELL 7: BEREGNING AV VEKT AV EKSISTERENDE KUNSTGRESS. VERDIENE ER BASERT PÅ STANDARDVERDIER FOR ULIKE KOMPONENTER AV KUNSTGRESS.....	52
TABELL 8: KRAV TIL FUNKSJONALITET MED TILHØRENDE TESTMETODE FOR NYTT KUNSTGRESS PÅ SJETNE.....	54
TABELL 9: KRAV TIL TEKNISKE SPESIFIKASJONER FOR LEVERING AV NYTT KUNSTGRESS.....	55
TABELL 10: KLIMAPÅSLAG FOR DIMENSJONERENDE GJENTAKSINTERVALL OG VARIGHET PÅ NEDBØR (85).....	60
TABELL 11: BEREGNET SPISSAVRENNING FOR TO OMRÅDER BASERT PÅ LIKNING [5].....	63
TABELL 12: TOTAL VANNMENGDE BASERT PÅ ULIK AVRENNINGSFAKTOR (Φ) FOR SKRÅNINGEN OG TOTAL MENGDE FOR VARIGHET PÅ 1 OG 24 TIMER. FIGUREN VISER OGSÅ TOTAL TILLATT UTSLIPPMENGDE FRA BANEN I DE GITTE TIDSROMMENE.....	63
TABELL 13: BIDRAG FRA ULIKE NEDBØRSFELT TIL TOTAL VANNMENGDE.....	64
TABELL 14: FORDRØYNINGSVOLUM (F.VOLUM) FOR ULIKE LAGDELER AV KUNSTGRESSBANEN. UTREGNINGEN ER BASERT PÅ PROSENTVIST POREVOLUM FOR DE ULIKE MASSENE/MATERIALENE.....	65
TABELL 15: FORDRØYNINGSVOLUM FOR ULIKE GRØFTER BASERT PÅ UTREGNET VOLUM OG PORØSITET.....	65

9 Litteraturliste

1. NTNU senter for idrettsanlegg og teknologi (SIAT). Kunstgressets historie Tilgjengelig fra:<https://www.ntnu.no/documents/11601816/1285177107/KG2021+Kunstgresshistorien.pdf/d3bcb9a6-ce00-3765-3bc7-db3981474ca2?t=1594205108492>.
2. KG2021. Om kunstgress 2021. 2019. Tilgjengelig fra:
https://www.ntnu.no/documents/11601816/1285177107/KG2021_flyer_NY.pdf/9dab086a-c674-46f2-b2de-48824699602f.
3. NFF. Utforming av miljøvennlige kunstgressbaner Gode idrettsanlegg; 2019. Tilgjengelig fra:
<https://www.godeidrettsanlegg.no/veileder/utforming-av-miljovennlige-kunstgressbaner>.
4. Miljødirektoratet. Kunstgressbaner får strengere krav2020. Tilgjengelig fra:<https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2020/juli-2020/kunstgressbaner-far-strengere-krav/>.
5. Det europeiske kjemikaliebyrået (ECHA). An evaluation of the possible health risk of recycled rubber granules used as infill in synthetic turf sports field 2017. Tilgjengelig fra:<https://www.allsportsrecycled.com/an-evaluation-of-the-possible-health-risks-of-recycled-rubber-granules-used-as-infill-in-synthetic-turf-sports-fields/>.
6. Cheng H, Hu Y, Reinhard M. Environmental and Health Impacts of Artificial Turf: A Review Tilgjengelig fra:
https://www.researchgate.net/publication/259953859_Environmental_and_Health_Impacts_of_Artificial_Turf_A_Review.
7. Fidra. Microplastic loss from artificial (3G) pitches in context of the ECHA proposed restriction of microplastics intentionally added to products Fidra; 2020. Tilgjengelig fra:
https://www.plasticsoupfoundation.org/wp-content/uploads/2020/09/Fidra-Microplastic-loss-from-artificial-3G-pitches_v2-.pdf.
8. NTNU senter for idrettsanlegg og teknologi (SIAT). Market analysis artificial turf SKL-The Swedish Association of Local Authorities; 2018. Tilgjengelig fra:
<https://skr.se/download/18.4d3d64e3177db55b1665b7b0/1616080713157/Market-analysis-artificial-turf,%20engelsk.pdf>.
9. Strande M. Granulatstriden. Teknisk ukeblad [Internet]. 2019. Tilgjengelig fra:
<https://www.ntnu.no/documents/11601816/1285177107/TU0719-kunstgress.pdf/86bf62cb-f777-442e-96be-f1123ca18145>.
10. Andersen R, Larsen G, Kvalheim G, Halvorsen O. Kunstgressboka Kulturdepartementet. Norges fotballforbund; 2015. Tilgjengelig fra:
<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/veileder-kunstgressboka-v-0975-b/id2425810/>.
11. McLaren NJ, Fleming PR, Forrester S. Artificial grass: A longitudinal study on ball roll and free pile height. Procedia Engineering [Internet]. 2014; 72. Tilgjengelig fra:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814006626>.
12. Sánchez-Sánchez J, Felipe JL, Burillo P, del Corral J, Gallardo L. Effect of the structural components of support on the loss of mechanical properties of football fields of artificial turf.

- Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology [Internet]. 2014; 228(3):[155-64 pp.]. Tilgjengelig fra: https://www.researchgate.net/publication/261143861_Effect_of_the_Structural_Components_of_Support_on_the_Loss_of_Mechanical_Properties_of_Football_Fields_of_Artificial_Turf
13. Cox A, Dreau L. An investigation into whether shockpads & elastic layers aid the longevity of football turf surfaces Labosport; 2013. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/documents/11601816/1285177107/LSUK.13-0534+FIFA+Shockpad+Study+Report+01-04-14+%28002%29.pdf/86ebb9e2-daad-476a-baf8-48023ccd44a1>.
 14. Fleming P, Ferrandino M, Forrester S. Artificial Turf Field—A New Build Case Study Procedia engineering 2016; 147:[836-41 pp.]. Tilgjengelig fra: https://www.researchgate.net/publication/305080926_Artificial_Turf_Field_-_A_New_Build_Case_Study.
 15. KG2021. Hva skjer med fiberet? 2020. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/documents/11601816/1285177107/SIAT+notat+KG2021+Om+Fiber.pdf/f38d879c-e449-c1f9-9410-f300e9d30e84?t=1594204719674>.
 16. Misund AO. Factors Impacting Degradation of Artificial Turf Fibers KG2021; 2020. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/documents/11601816/1285177107/KG2021+Factors+Impacting+Degradation+of+Artificial+Turf+Fibers.pdf/9dd6ad60-eda5-e3ca-002a-171567e6beaa?t=1597922698581>.
 17. Misund AO, Orvik CP. Degradering av en 4G-kunstgressbane: Effekt av vinterdrift og UV-stråling [Bachelor]: NTNU; 2020.
 18. Mepex. Primary microplastic pollution: Measures and reduction potentials in Norway Miljødirektoratet; 2016. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M545/M545.pdf>.
 19. Fieldturf. Turf systems 2021 [Available from: <https://fieldturf.com/en/products/detail/turf-systems-2/>].
 20. Sánchez-Sánchez J, García-Unanue J, Gallardo AM, Gallardo L, Hexaire P, Felipe JL. Effect of structural components, mechanical wear and environmental conditions on the player–surface interaction on artificial turf football pitches Materials & Design 2018; 140:[172-8 pp.]. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264127517310973>.
 21. Sport Anrin. Drainage and edging of sport facilities. 2020.
 22. Burillo P, Gallardo L, Felipe JL, Gallardo AM. Mechanical assessment of artificial turf football pitches: the consequences of no quality certification Scientific Research and Essays 2012; 7(28). Tilgjengelig fra: https://www.researchgate.net/publication/259820475_Mechanical_assessment_of_artificial_turf_football_pitches_The_consequences_of_no_quality_certification.
 23. Fleming PR, Watts C, Forrester S. A new model of third generation artificial turf degradation, maintenance interventions and benefits. Proceedings of the Institution of Mechanical

- Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology 2020. Tilgjengelig fra: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1754337120961602>.
24. Norges fotballforbund. Drift og vedlikehold av kunstgressbanen 2018. Tilgjengelig fra: <https://www.godeidrettsanlegg.no/sites/default/files/bilder/Drift%20og%20vedlikehold%20av%20kunstgressbanen%2015.9.18.pdf>.
 25. FIFA. Preparation of a Sub-base for a Football Turf System 2016 Tilgjengelig fra: https://football-technology.fifa.com/media/1028/preparation_of_a_sub-base_for_a_football_turf_system.pdf.
 26. Vegdirektoratet. Håndbok vegbygging N200 Vegdirektoratet; 2018. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/2364236/binary/1269980.
 27. Simpson MR. Sustainable drainage of sports pitches [Doktorgrad]: Loughborough University; 2016.
 28. Standard Norge. NS-EN 15330- Standard Norge; 2013. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=941525>.
 29. Fladvad M, Aksnes J. Planlegging og utførelse av komprimeringsarbeid varige veger 2011-2014: Statens vegvesen; 2014. Tilgjengelig fra: <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2658779>.
 30. Standard Norge. NS 3458:2004 Standard Norge; 2004. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=133817>.
 31. Snøfugl EF. Kunstgressbanen lagt i 5.1. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/trondelag/kunstgressbanen-skytt-vekk-av-flom-1.7752318>.
 32. Svenska fotbollsförbundet. Rekommendationer för anläggning av konstgräsplaner 17.01.2020.
 33. Simpson MR, Fleming PR, Frost MW, editors. Briefing: Sustainable drainage for sports pitch developments. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer; 2013: Thomas Telford Ltd.
 34. Johnson A. A field method for measurement of infiltration. General ground-water techniques. Geological Survey Water Supply Paper 1544-F. 1991.
 35. Kulturdepartementet. Krav til egenskaper for kunstgress for fotball Kulturdepartementet; 2019. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/2db68158cc544b7588a0565b86ff8e62/kunstgress-fotball.pdf>.
 36. Norsk kommunalteknisk forening (NKF), Norsk Vann. Infiltrasjon av overvann VA/Miljø-blad; 2019. Tilgjengelig fra: <https://www.va-blad.no/overflateinfiltrasjon/>.
 37. Trondheim kommune. Beregning av overvannsmengde. Dimensjonering av ledning og fordrøyningsvolum 2020. Tilgjengelig fra: <https://www.va-norm.no/wp-content/uploads/2020/02/Vedlegg-5-Beregning-av-overvannsmengde.pdf>.

38. Stagrum AE. Fuktopptak i plastisolasjon [Master]: NTNU; 2018.
39. Statens vegvesen. Vannhåndtering-Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering Vegdirektoratet; 2020. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/2988797/binary/1371938?fast_title=H%C3%A5ndbok+V240+Vannh%C3%A5ndtering+-+Flomberegninger+og+hydraulisk+dimensjonering.pdf.
40. Norsk klimaservicesenter. Hjelp til valg av IVF 2021 Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/kss/vrdata/ivf-veiledning>.
41. IVF-kurve Risvollan [Internet]. 2021 [cited 15.02.21]. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN68120>.
42. Andersen JH, Hjukse T, Roald L, Sælthun NR. Hydraulisk modell for flomberegninger NVE; 1983. Tilgjengelig fra: http://publikasjoner.nve.no/rapport/1983/rapport1983_02.pdf.
43. Schall J, Thompson P, Zerges S, Kilgore R, Morris J. Hydraulic design of highway culverts, Hydraulic Design Series N 5. Fort Collins, Colorado; 2012.
44. Midttømme GH, Pettersson LE, Holmqvist E, Nøtsund Ø, Hisdal H, Sivertsgård R. Retningslinjer for flomberegninger NVE; 2011. Tilgjengelig fra: http://publikasjoner.nve.no/retningslinjer/2011/retningslinjer2011_04.pdf.
45. Stenius S, Glad PA, Wang TK, Væringstad T. Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt Tilgjengelig fra: https://publikasjoner.nve.no/veileder/2015/veileder2015_07.pdf.
46. Rolf Edvard Petersen. Avløpsteknikk-infrastruktur overvann [upubliserte forelesningsnotater] NTNU. 20. april 2018
47. Åstebøl S, Hvitved-Jacobsen T. Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/1160093/binary/1086413?fast_title=Vannbeskyttelse+i+vegplanlegging+og+vegbygging.
48. Standard Norge. NS 3420-Beskrivelsessystem bygg og anlegg Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/ns-3420/>.
49. Öhman CE. Hvilken kunstgresskvalitet skal vi velge? 2020. Tilgjengelig fra: https://www.ntnu.no/web/siat/kunstgress2021/-/blogs/1291958435/maximized?p_auth=TVn1E8t8.
50. KG2021. Testmetoder for kunstgressflater [Internet]. 2020. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/documents/11601816/1285177107/KG2021+Felttest+kunstgress+2019-2020.pdf/ad6f7c5a-3ae2-58f4-7164-24ef4aa7dd38?t=1594204928152>.
51. FIFA. Handbook of test methods [Internet]: FIFA; 2015. Tilgjengelig fra: <https://football-technology.fifa.com/media/1238/fqp-handbook-of-test-methods-2015-v31-w-cover.pdf>.
52. Stien NR. Prosjektmodell for idrettsanlegg: IA-modellen tilknyttet prosjektet " Gode idrettsanlegg". [Internet]: Institutt for bygg, anlegg og transport; 2014.

53. Strømsodd EW. Prosjektmodellen for idrettsanlegg. En kvalitativ analyse av dens bruks- og nytteverdi. 2019.
54. Strømsodd EW. Prosjektmodell for idrettsanlegg -utforming av idéfasen. 2020.
55. Senter for idrettsteknologi og anlegg-SIAT. Prosjektmodellen [Internet]: Gode idrettsanlegg; 2021 Tilgjengelig fra: <https://www.godeidrettsanlegg.no/veileder/prosjektmodellen>.
56. Standard Norge. NS-EN 12193:2018. Lys og belysning-idrettsbelysning [Internet]: Standard Norge; 2018. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1026439>.
57. NFF. Belysningssertifikat [Internet]. 2021. Tilgjengelig fra: <https://www.fotball.no/globalassets/regler-og-retningslinjer/ligaverktoykasse/belysningssertifikat.pdf>
58. Kråkevik KB, Kristiansen P, Lillelien E, Haug PN. Lys på stedet [Internet]: Miljøverndepartementet. Kommunal- og regionaldepartementet, Samferdselsdepartementet; 2012. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/lys-pa-stedet/id675013/>.
59. Aoki T. Current state and perspective for artificial turf as sport environment: Focusing on third-generation artificial turf as football playing surface [Internet]. 2011. Tilgjengelig fra: <https://www.semanticscholar.org/paper/Current-State-and-Perspective-for-Artificial-Turf-%3A-Aoki/395c8994d1303f2efb302e6e15216d939ecee274>
60. Gustin M, Fleming PR, Allinson D, Watson S Modelling surface temperatures on 3G artificial turf Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings; 2018.
61. McNitt A, Petrunak D, Serensits T, editors. Temperature amelioration of synthetic turf surfaces through irrigation II International Conference on Turfgrass Science and Management for Sports Fields 783; 2007.
62. Lindgren B. Uppvärmade konstgräsplaner: Mälardalens högskola; 2016.
63. Hassan S, Ericson A, Ishimwe T, Stålenheim J. Winter football: A study of the heating of artificial turf pitches in Uppsala Tilgjengelig fra: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:933344/FULLTEXT01.pdf>.
64. Norges fotballforbund. Vinterdrift av kunstgressbaner Gode idrettsanlegg; 2018. Tilgjengelig fra: <https://www.godeidrettsanlegg.no/veileder/vinterdrift-av-kunstgressbaner-i-et-miljo-og-helseperspektiv>.
65. Guard. Undervarme som sparer strøm Odds ballklubb; 2021. Tilgjengelig fra: <https://www.odd.no/nyheter/undervarme-som-sparer-strom-copy>.
66. Aarnes KA, Austbø B, Hallberg E, Haugvaldstad C, Håland G, Warland E. Kunstgressbane som solfanger i samvirke med skole- og idrettbygg. 2010.
67. Johannesen TS. Om tre år kan Stabæk spille fotball på sort bane. Under ligger Norges første gropvarmelager 2019. Teknisk ukeblad [Internet]. Tilgjengelig fra:

- <https://www.tu.no/artikler/om-tre-ar-kan-stabaek-spille-fotball-pa-sort-bane-under-ligger-norges-forste-gropvarmelager/469212>.
68. Bekogr.se. Vinterskötsel av granulatplanar [Internet]: Beställargrupp konstgräs; 2021. Tilgjengelig fra: <https://bekogr.se/vinterskotsel-av-granulatplaner/>.
 69. Leirvik ER. Øya kunstgressbane, Malvik. Miljøkartlegging. 2020.
 70. NTNU senter for idrettsanlegg og teknologi (SIAT). Mikroplast og tungmetaller under Melløs kunstgressbane i Moss KG2021[Internet]. 2020. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/documents/11601816/1285177107/%5BK2021%5D+Mikroplast+og+tungmetaller+under+Mell%C3%B8s+kunstgressbane+i+Moss.pdf/b69d4070-e6f1-5f06-e4d8-ff6ac4d136e3?t=1602076450667>.
 71. Statens forurensingstilsyn(STF). Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn [Internet]: Miljødirektoratet; 2009. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/2553/ta2553.pdf>.
 72. Klima- og miljødepartementet. Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften): Lovdata; 2009. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931>.
 73. Klima- og miljødepartementet. Forskrift om endring i forskrift om begrensning av forurensning (utforming og drift av idrettsbaner der det brukes plastholdig løst fyllmateriale) [Internet]: Rejeringen; 2021. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2021-04-07-1096>.
 74. Statens vegvesen. Håndbok R761 2015 [Internet]. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/61418/binary/1077236.
 75. Statens vegvesen. Håndbok N100 2019 [Internet]. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/61414.
 76. SINTEF byggforsk. 312.130: Parkeringsplasser og garasjeanlegg 2015 [Internet]. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/61/parkeringsplasser_og_garasjeanlegg.
 77. Nasjonal løsmassedatabase [Internet]. 2021 [cited 27.4.21]. Tilgjengelig fra: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/viewer.htm?map=L.smasser&box=610115:7606447:611042:7607622>.
 78. NVE Atlas [Internet]. 2021. Tilgjengelig fra: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>.
 79. Silnes E. Sjetne skole, reguleringsplan. Geoteknisk innspill til internt samråd. 2014.
 80. Moen Ø. Sjetne fotballbane. Geoteknisk rapport. Trondheim kommune; 2000. Report No.: R.1025-3.
 81. Næss TM, Wikan M, Lundstadsveen JC, Hansen HA. Hvert år fjernes rundt 80 norske kunstgressbaner. Flere av dem ender opp i naturen. TV2 [Internet]. 2019. Tilgjengelig fra: <https://www.tv2.no/a/10690574/>.

82. FIFA. Handbook of requirements. Fifa.com: Fifa; 2015. Tilgjengelig fra: <https://football-technology.fifa.com/media/1239/fqp-handbook-of-requirements-2015-v31-w-cover.pdf>.
83. Kartverket. Norgeskart Kartverket; 2021. Tilgjengelig fra: <https://norgeskart.no/#!?project=norgeskart&sok=Sjetne&layers=1002&zoom=15&lat=7034905.78&lon=269710.59&markerLat=7034888.196847345&markerLon=269813.1965480805&panel=searchOptionsPanel>.
84. Bakken TH. Nebørfelt Store norske leksikon2019. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/nedb%C3%B8rfelt>.
85. Norsk klimaservice senter. Klimapåslag nedbør 2021. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/kss/laer-mer/klimapaslag>.
86. REN AS. RENblad 2021.
87. Norsk Vann. Trondheim kommunes VA-norm Tilgjengelig fra: <https://www.va-norm.no/trondheim/>.
88. Miljødirektoratet. Utrede potensialet for å produsere biogass 2021. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/fornybar-energi/utrede-potensialet-for-biogass/hva-er-biogass/>.
89. Umas S. Uppvärmad konstgräsplan: Beräkning av utnyttjningstid för en uppvärmd konstgräplan med alternativa rörplaceringar
90. Standard Norge. NS 8406:2009Forenklet norsk bygge- og anleggskontrakt Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=385500>.

10 Vedleggsliste

Vedlegg 1: Artikkel

Vedlegg 2: Plakat

Vedlegg 3: Oppdragsbeskrivelse

Vedlegg 4: GIA-modell kunstgress

Vedlegg 5: Tegninger

Vedlegg 6: Mengdebeskrivelse grunnarbeid

Vedlegg 7: Mengdebeskrivelse kunstgress

Vedlegg 8: Lysberegning