

NOTAT

Project name **+Bus Aalborg**
Project no. **1100033132**
Client **Nordjyllands Trafikselskab**
Memo no. **1**
Version **1**
To **Nordjyllands Trafikselskab**
From **Gerald Hamöller**
Copy to **[Name]**

Prepared by **Knud Trubbach,
Maclean Commey**
Checked by **Jacob Deichmann**
Approved by **Gerald Hamöller**

STANDARD BUS DEPOT AALBORG

Karlsruhe, 18/07/2018

Opgave

NT har bedt Rambøll om at skitsere et "ideelt" depot for samtlige busser i Aalborg bytrafik.

Depotet skal rumme:

- 20stk 24,0m-busser
- 60stk 13,7m-busser og
- 60stk 12,0m-busser.

Udover parkering af busserne skal der afsættes arealer til:

- Værksted
- Vask (udvendigt)
- Evt. oplagring og behandling af brændstof (brint) samt tankanlæg
- Administration
- Medarbejder-parkering.

Hensigten er at vise, hvor stort arealet skal være og hvilke stordriftsfordele der opnås ved en sammenlægning af alle busser i ét depot.

Udkastet er udarbejdet på basis af en manual for planlægning af depoter, som VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen) har publiceret.¹

Desuden indgår erfaringer med forskelle på arealforbrug for el-busser og diesel.²

Inspiration er desuden hentet fra Hamburger Hochbahn, som er i gang med at oprette et nyt depot, som skal være fremadrettet og designet til fremtidens drivmiddel.³

For H₂ -anlæg er retningslinjerne fra en EU-guide anvendt.⁴

Ramboll
Zur Gießerei 19-27c
76227 Karlsruhe
Germany

T +49 721 9418-8830
F +49 721 9418-8836
www.ramboll.de

Ramboll GmbH
Stadtdeich 7
20097 Hamburg
Germany

District Court Hamburg, HRB
15496
Managing Director: Dr. Peter
Ruland

Nordea Bank AB Frankfurt/M.
IBAN:
DE58514303006587730001
BIC: NDEADEF

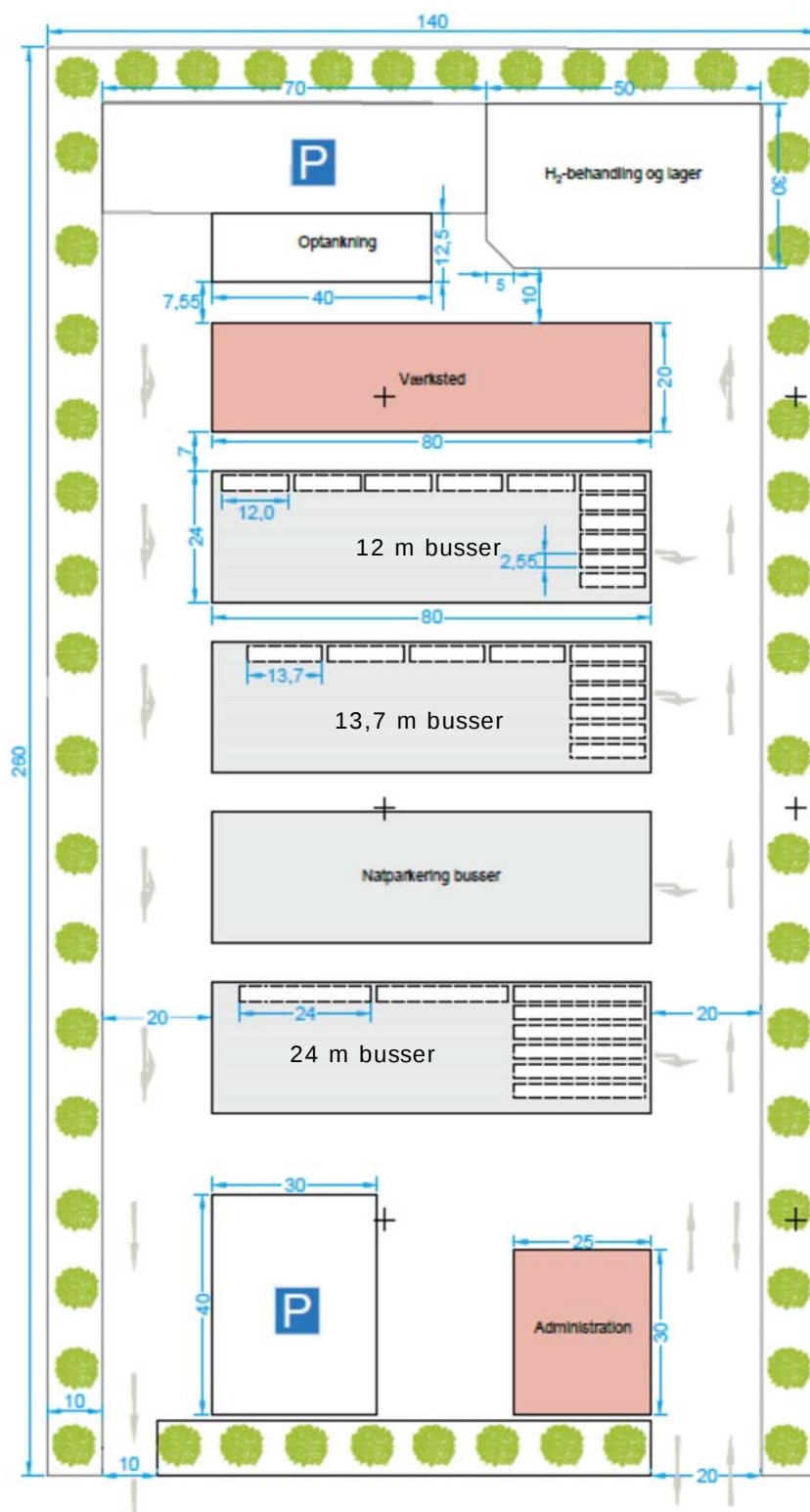
¹ VDV Schrift 822, 09/2016, Richtlinien für den Bau von Omnibus-Betriebshöfen

² Der Nahverkehr, Sonderheft Elektrobusse, März 2018

³ Hamburger Hochbahn, Die Konzeption zukunftssicherer Betriebshöfe, Vortrag im Rahmen des VBG Branchenforums am 27.06.2016

⁴ New Bus ReFueling for European Hydrogen Bus Depots, Horizon2020 / EU-commission, March 15th 2017

Skitse (udkast)



Planskitse – ikke i mål

Arealbehovet jf. skitsen ligger på 3,6 ha, i den „simple“ formel for arealforbrug jf VDV822, hvor kun antal og længde af busser indgår, er resultatet 3,4 ha.

m bus	antal	faktor	formel:
12	60	1,00	$1 + 169 / 5 \times 1000 \text{ m} = 33\,701 \text{ m}^2$
13,7	60	1,14	
24	20	2,00	skitse:
	140	168,5	$260 \text{ m} \times 140 \text{ m} = 36\,400 \text{ m}^2$

Datakilde formel: VDV-Schrift 822, side 17

Det stemmer godt overens, fordi brint-anlægget er pladskrævende. Desuden er der ikke sparet på afstandsareal (grønt bælte, som efter behov også kan bruges til placering af støjskærm). I virkelighedens verden må man dog regne med et noget større arealforbrug, idet modulernes størrelse og placering skal tilpasses grunden og udnyttelsesgraden kan mindskes. Det gælder især, hvis grunden ikke er rektangulær.

Parametre

PARKERING AF BUSSE

For parkering af busserne anbefales "blokopstilling", fordi den har mindre pladsforbrug end diagonal-opstilling (som i eksemplet Metz). En videre fordel er, at afstanden for arbejdsvejene er langt mindre. Desuden er diagonalpladser altid defineret efter én bustype, en blandet flåde med både 12m, 13,7m og 24m-busser indskrænker fleksibiliteten.

I princippet er driften på depotområde ensrettet, det kan dog fraviges: I modulerne kan busserne opstilles i begge retninger. Det kommer især på tale for busser, som har været i værkstedet, til vask eller optankning.

Kørevejene er 20m brede, dermed er de dimensioneret til alle typer busser, også 18m-ledbusser, som har den største pladsbehov, selvom de pt. ikke er med i listen.

Hvis en del af busserne bliver stillet op og modulerne modadrettet, kan begge porte til adgangsvej bruges til udkørsel: Det er fordelagtig specielt til driftsstart.

Modulerne er konstrueret som "carports", dvs som tag uden sidevægge. Dermed mindskes arealforbruget. Taget hviler på 2 stolperækker og kan forsynes med solceller eller anlæg til opvarming af vand til vask mv.

Opstilling under tag rummer de fleste fordele som i en hal, men ved ekstrem hårdt frost er der nogle ekstra arbejdsgange. Til gengæld kan elektriske busser godt opvarmes med strøm fra netværket, og batterierne skal under alle forhold tempereres under opladningen. Der opstår heller ingen problemer med støj og forurening pga løbende motorer.

Modulernes længde er sat til 80m. Dermed kan samme modultype bruges til 6x12m, 5x13,7m eller 3x24m busser per spor med minimal spild af plads.



Visualisering af det nye depot "Gleisdreieck". Kilde: Hamburger Hochbahn

Alle bussenes længde er sammenlagt 2 022m, den bedste opdeling er 28 depotspor à 80m længde (indeholder ca 10m samlet afstand pr spor til rangering mv).

Mest fordelagtig er det at bygge 4 ensartede moduler à 7 spor.

Modulernes bredde er 24m, så der er 1m afstand mellem hver busrække.

Ved drift af elbusser skal opladningen foregå i modulerne, mest oplagt er installation af pantografer i tagkonstruktionen eller ladekontakter i vejbanen og/eller i tagstolpe eller som søjler mellem stolpene, så de ikke indskrænker bussenes kørevej og rangérareal. Ved begge systemer bliver fleksibiliteten mht brug af sporene mindsket, idet bussenes position akkurat skal tilpasses de elektriske installationer.

VÆRKSTED

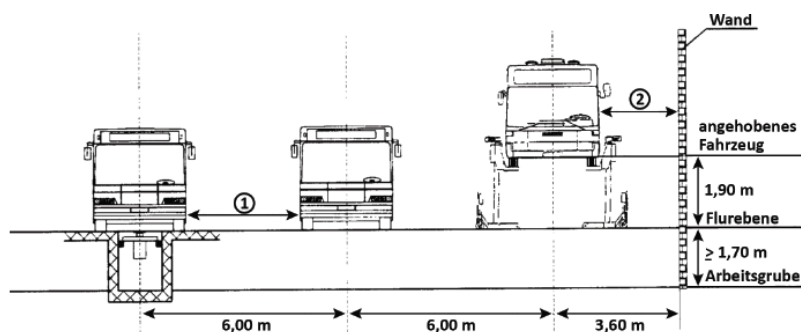
For op til 150 busser anbefales der 14 værkstedspladser:

- 2 til forsyning
- 1 specialrensning (undervogn, komponenter)
- 1 udvendig vask
- 1 bremser
- 1 lakering og karroseri
- 2 diverse med grav
- 6 diverse med lift.

Værkstedspladserne skal bruges til alle typer busser (længde og drivmiddel). Pga den lave andel 24m-busser kan der fx regnes med en gennemsnitlig spurlængde af 16m.

Lift og grav mv. skal designes, så de kan bruges til alle slags typer.

Drivmiddel gør forskel på nogle arbejdsprocesser, men det betyder sandsynligvis ingen ændring mht antal værkstedspladser.



- ① Verkehrsweg und Arbeitsfläche 3,55 m (bei 2,55 m Fahrzeugbreite)
- ② Verkehrsweg und Arbeitsfläche 2,40 m (bei 2,55 m Fahrzeugbreite)

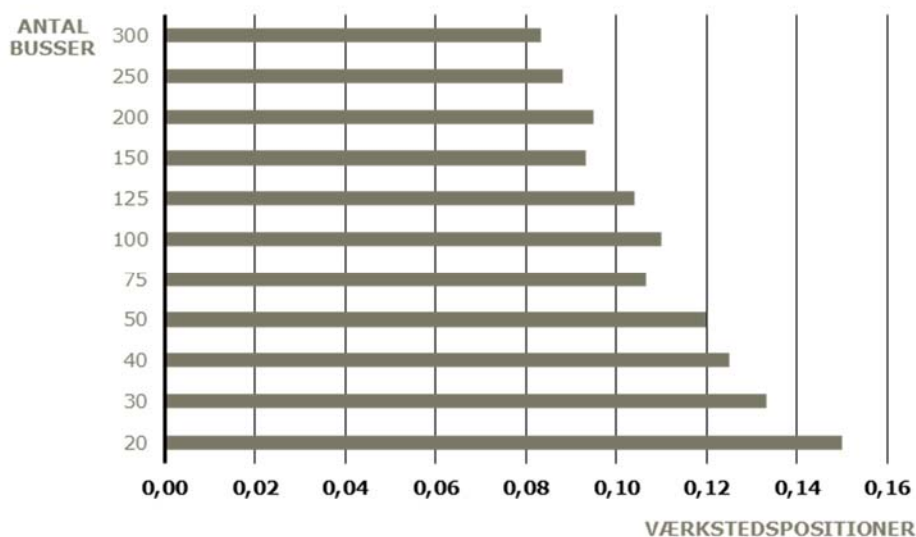
Kilde: VDV-Schrift 822, side 25

Hvis man bruger afstanden mellem busserne som på billedet foroven, så kræver det ialt ca. 1 400m².

Antallet af værkstedspositioner pr bus forholder sig omvendt proportional til det samlede antal busser:

antal busser	20	30	40	50	75	100	125	150	200	250	300
positioner pr. bus	0,15	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	0,10	0,09	0,08

Datakilde: VDV 822, s. 44



Datakilde: VDV-Schrift 822, s. 44

De 140 busser, som er det samlede antal i Aalborg, er faktisk optimalt: Grafiken forover viser, at udover 150 busser er der kun en lille yderligere reduktion af værkstedspladser pr bus.

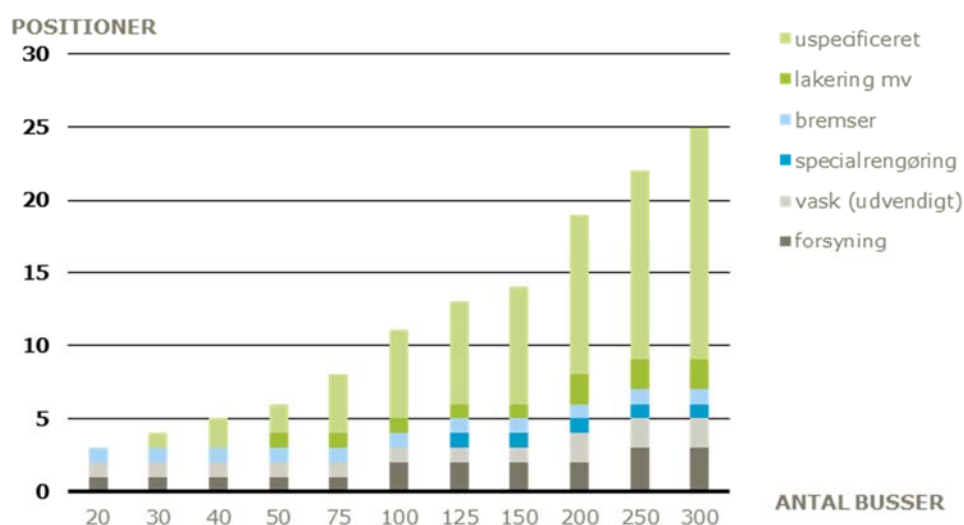
Stordriftsfordelene er større end det formindskede antal positioner pr bus, fordi behovet for specialudstyr delvis er uafhængig af antal busser eller fordi opgaver skal udliciteres i mindre depoter. (lakering):

antal busser	20	30	40	50	75	100	125	150	200	250	300
forsyning	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
vask (udvendigt)	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
specialrengøring							1	1	1	1	1
bremser	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
lakering mv				1	1	1	1	1	2	2	2
uspecificeret		1	2	2	4	6	7	8	11	13	16
	3	4	5	6	8	11	13	14	19	22	25

Datakilde: VDV-Schrift 822, s. 44

Også mht kvalifikation af medarbejdere betyder større enheder en tilsvarende effektivitetsgevinst.

VÆRKSTEDSPOSITIONER / ANTAL BUSSE



Datakilde: VDV-Schrift 822, s. 44

Det fremgår af grafiken tydeligt, at langt den største stigning afhængig af antal busser gør sig gældende for de "uspecificerede" positioner, dvs. specialudstyret bliver langt bedre udnyttet ved stordrift.

DRIVMIDDEL

Vi har reserveret areal til lagring og behandling af brint. Disse anlæg er ganske pladskrævende, men det ankommer selvfølgelig meget an på, hvor og hvordan brint bliver produceret og transporteret, hvor højt anlægget kan bygges og/eller hvor dybt man går i jorden. Af sikkerhedsmæssige grunde er det dog begrænset, hvor meget der kan lægges under jorden i et brint-anlæg.

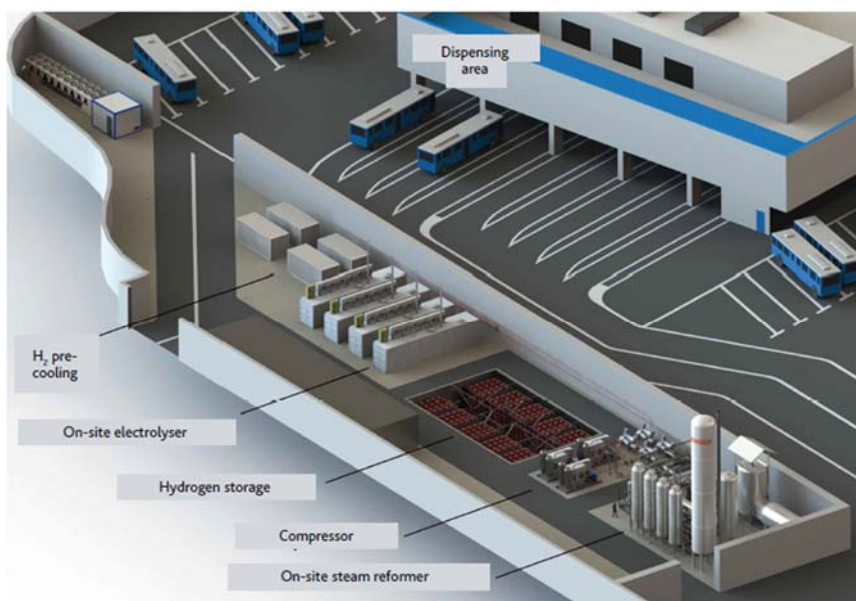


Figure 3 - Illustration of an HRS with both on-site electrolyser and on-site steam reformer, Source: Abengoa Innovación

Kilde: Horizon2020/EU-kommission, side 27

Behovet, hvis hele flåden drives på brint, ligger på 3-5 t/dag:

Bus type	min	maks (typisk range)
12m	9,0 -	10,0 kg H ₂ /100km
13,7m	10,3 -	11,4 kg H ₂ /100km
24m	18,0 -	20,0 kg H ₂ /100km

strækning pr. bus	200	300 km / dag
-------------------	-----	--------------

sum		
12m	12 000 -	18 000 km/dag
18m	12 000 -	18 000 km/dag
24m	4 000 -	6 000 km/dag

sum		
12m	1 080 -	1 800 kg H ₂ /dag
18m	1 233 -	2 055 kg H ₂ /dag
24m	720 -	1 200 kg H ₂ /dag
	3 033 -	5 055 kg H ₂ /dag

Datakilde: Horizon2020/EU-kommissionen, side 51 (modificeret)

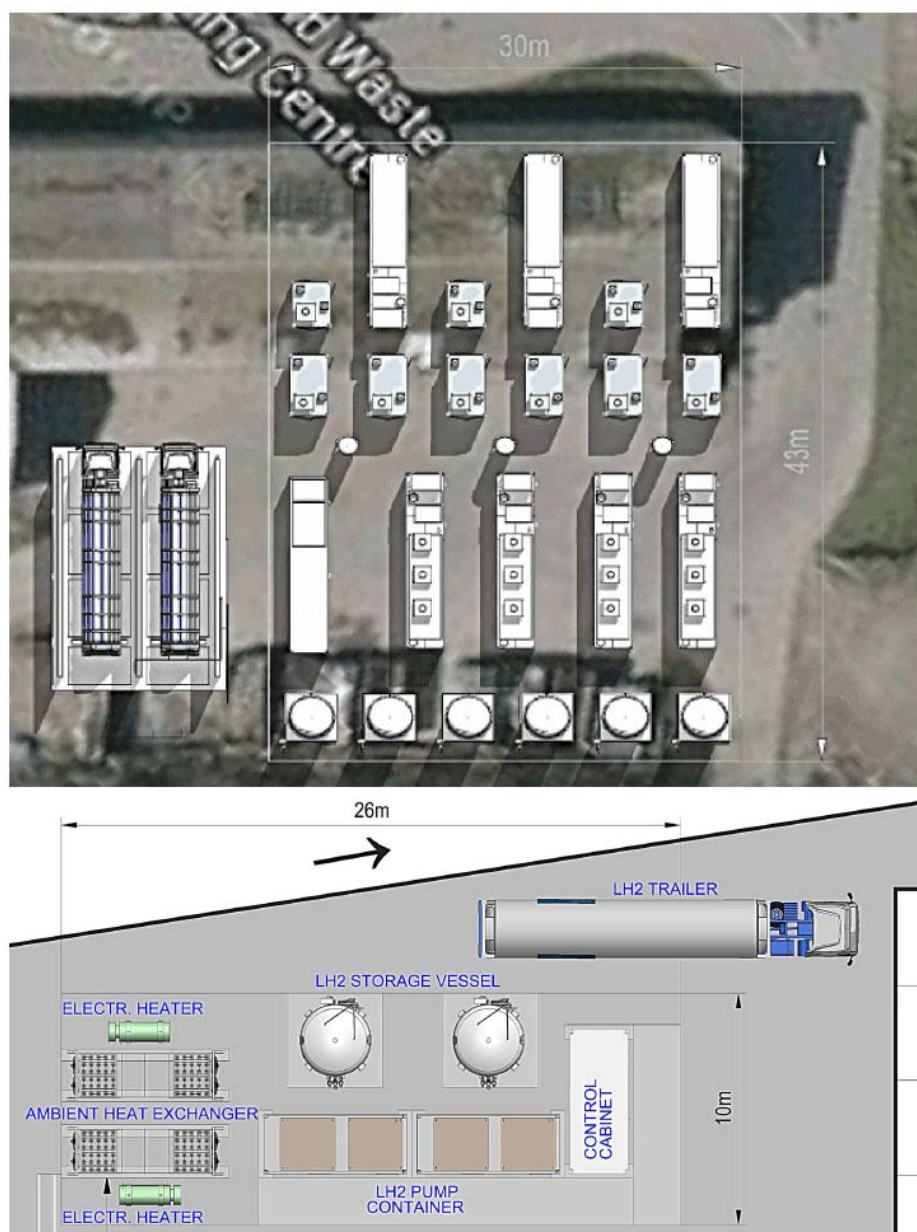


Figure 17 - Exemplary layout of an HRS with on-site steam reforming (output approx. 2.1 t H₂/day) (top), HRS with LH₂ delivery (intended output 2.25 t H₂/d) (bottom), Source: Linde

Kilde: Horizon2020/EU-kommissionen, side 63

Dvs for en kapacitet af 5t brint om dagen bruges der op til 1 000m² med off-site og 4 000m² med on-site produktion. Hvis produktionen sker on-site skal det reservede areal udvides med op til 2 500m².

Til lagring af diesel kræves der mindre plads.

Tidsbehov for optankning med brint er ca $\frac{1}{3}$ højere, så det kan muligvis blive nødvendigt med en ekstra tankposition.

Vi udelukker, at der både er brint- og Diesel-busser i depotet, det giver ikke mening, kræver dobbelte installationer og kan desuden skabe sikkerhedsproblemer!

Blandet drift med diesel eller brint-busser sammen el-busser kan komme på tale, fx hvis der er linier, hvor kapaciteten af batterierne (endnu) ikke er tilstrækkelig.

Elektrisk opladning kræver ingen ekstra arealbehov, idet opladning forudsættes at finde sted på parkeringspositionerne. Dog skal der afhængig af strømtilførelsen muligvis placeres transformatorstationer mv. på depotarealet. Arealbehov er langt mindre end til brint. Det skal selvfølgelig sikres, at el-nettet er gearet til det store behov. Muligvis skal der placeres yderligere udstyr til fx mellemlagring (jordfaste batterier).

Administration

Antallet af medarbejdere er selvfølgelig afhængigt af, hvilken funktioner skal samles på depotarealet og hvordan arbejdet organiseres (kontorlandskaber, clean desk, mulighed for home office mv).

Hvis man antager 30 medarbejdere, og regner med gns 25m² pr. arbejdsplads, så er behovet 750 m².

Arealbehovet kan reduceres eller antal arbejdspladser øges, hvis bygningen bliver opført i 2 etager.

Medarbejderparkering

Antal af nødvendige P-pladser er afhængig af beliggenheden af depotet (cykelafstand fra byen), dens tilknytning til kollektiv transport og chauffeur-dispositionen, dvs. i hvilken grad personaleskift finder sted undervejs, fx ved en central holdeplads eller slutstation. Derfor kan behovet kun gisnes, de 2 600m² parkeringsareal som skitseret kan rumme ca. 90 personbiler.

Hvis der regnes med hhv 30 medarbejdere både i administration og værksted er der maks 60 ansatte + teoretisk 130 chauffører samtidigt, dvs. 190 personer — 90 p-pladser er nok lige i overkanten.

Cykelparkering er ikke med i skitsen, fordi den bruger meget lidt plads og dermed ikke påvirker arealbehovet i en relevant størrelsesorden.

Resumé

For at indrette et samlet depot kræves mindst 3,5ha.

I virkelighedens verden må man dog regne med et noget større arealforbrug, idet modulernes størrelse og placering skal tilpasses grunden og udnyttelsesgraden kan mindskes.

Sammenlagt ca. 140 busser ligger tæt på det bedst mulige antal mht stordriftfordele:

Behov og udnyttelse af værkstedspladser og kvalificeret personale kan organiseres optimalt.

Så hvis et passende areal kan stilles til rådighed, kan et samlet depot i princip anbefales.

Dog kan der mht. til at skabe en fungerende konkurrence også være fordele med 2 eller flere operatører. En samlet vurdering og afvejning af begge aspekter er ikke foretaget for denne notat.