



Kapacitet og kapacitetsreserve

April 2021

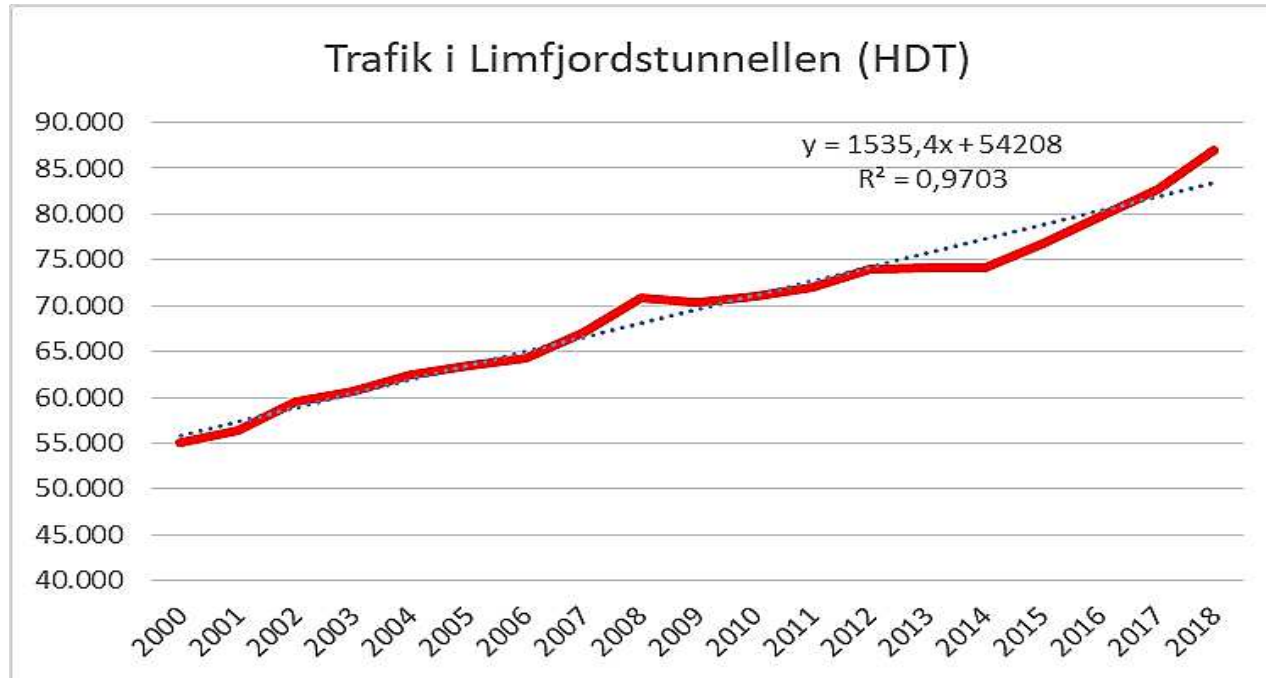
Civilingeniør Anker Lohmann-Hansen

Lektor emer. Trafik- og byplanlægning, AAU

Kapacitet og belastningsgrad

- Kapacitet af en fri strækning defineres som den største trafikintensitet, der kan afvikles på en aktuel strækning. Trafikintensitet er det antal køretøjer, der passerer et vejtversnit pr. tidsenhed.
- Kapacitet angives i personbilenheder pr. tidsenhed. Kapaciteten angives normalt pr. time eller over 15 minutter.
- Kapaciteten af en vejstrækning vil reduceres, dersom der er fysiske forhold, sammensætningen af trafikken og adfærdsmæssige forhold, som påvirker trafikafviklingen.
- På E45 ved Limfjordstunnellen er der en række forhold som reducerer vejens kapacitet:
 - Tætliggende tilslutningsanlæg med mange flettemanøvrer
 - Geometriske forhold som kurver og dårlig oversigt
 - Tunnel med smalle kørebaner og manglende sideafstand
 - Stigning mod syd
 - U hensigtsmæssig trafikantadfærd med kørebaneskifte og trængning
- I Limfjordstunnellen medfører en døgntrafik på 86.000 (HDT) i 2019 massive kødannelser morgen og eftermiddag
- På timebasis synes en kapacitet på 4.500 – 4.800 kt. i timen i en retning at afspejle en praktisk kapacitet for de tre spor i Limfjordstunnellen.
- Belastningsgraden angiver, hvor ”presset” vejen er af trafik i forhold til vejens ydeevne (kapacitet) og dermed udtrykker det den situation, den enkelte trafikant vil opleve ved en given trafik på vejen.
- Ved lav belastningsgrad er der en ”free-flow”-trafikafvikling, hvor trafikanter kan vælge hastighed og manøvrere næsten uafhængigt af øvrig trafik.
- Ved middel belastningsgrad må trafikanterne i højere grad tilpasse hastigheden efter den øvrige trafik, og ligeledes må trafikanter afvente mulighed for skift af kørespor. Hastighed er kun reduceret beskedent i forhold til den fri hastighed.
- Ved høj belastningsgrad er der tale om kolonnekørsel, men trafikken glider. Hastigheden er nu ca. 2/3 af den fri hastighed. Selv små forstyrrelser i trafikken påvirker hastigheden. Skift af kørespor er vanskeligt og kan ikke undgå at påvirke trafikanter i det spor, der skiftes til.
- Dersom trafikken stiger yderligere, vil forstyrrelser påvirke trafikken og ofte medføre såkaldte chockbølger, hvor en stadig større hastighedsreduktion forplanter sig bagud. Der vil typisk opstå kødannelse på strækningen, dersom tilstrømningen af trafik ikke reduceres.

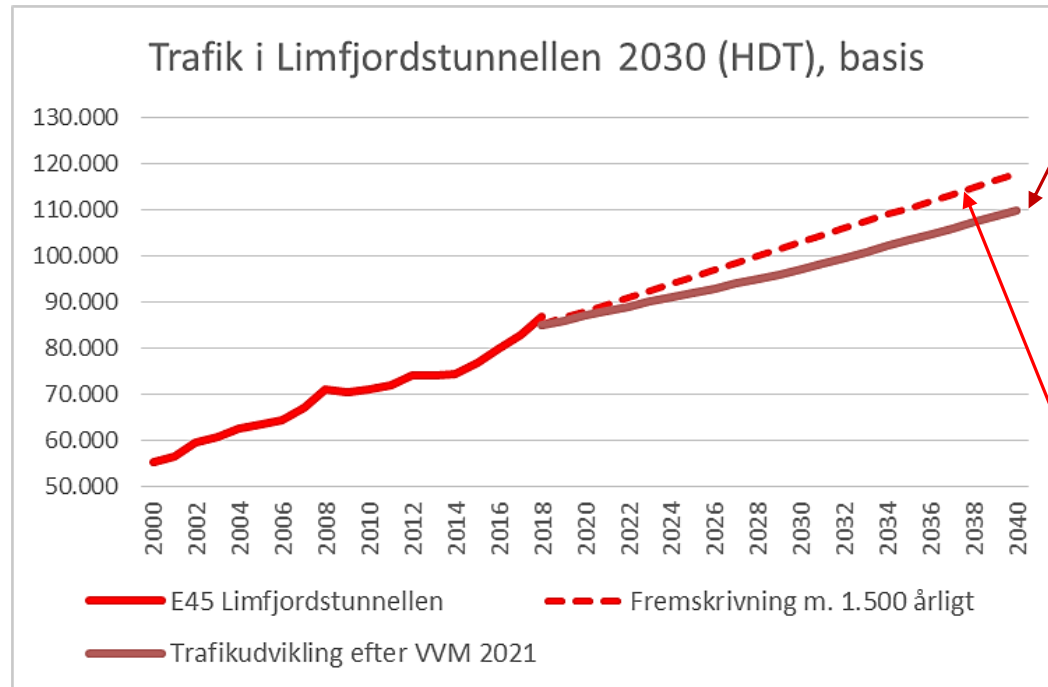
Trafikken i Limfjordstunnelen (HDT)



Hverdagsdøgnetrafikken i Limfjordstunnelen er præget af pendlertrafik mod arbejdspladserne syd for Limfjorden. Antal arbejdspladser er siden krisen vokset betydeligt i Aalborg. Hverdagsdøgnetrafikken vokser tilsvarende – især i de senere år har væksten været meget kraftig.

I gennemsnit er hverdagsdøgnetrafikken siden år 2000 vokset med godt 1.500 køretøjer i døgnet pr. år. Lastbilprocenten er ca. 7 %.

Hvilken trafikudvikling?



Dimensionering af det fremtidige vejnet på baggrund af en "for" lav prognose kan medføre dels forkerte løsningsvalg og dels behov for yderligere udbygning inden for en overskuelig fremtid.

Vejdirektoratet har i VVM 2021 forudsat en lavere trafikudvikling i Limfjordstunnellen end den, der har været gældende for de seneste 20 år: 96.600 (HDT) i 2030; 110.000 (HDT) i 2040.

Forudsætningerne for prognoseåret er opstillet på baggrund af data fra Danmarks Statistik (befolkning) og Finansministeriets Konvergensprogram KP16 (BNP og arbejdspladser).

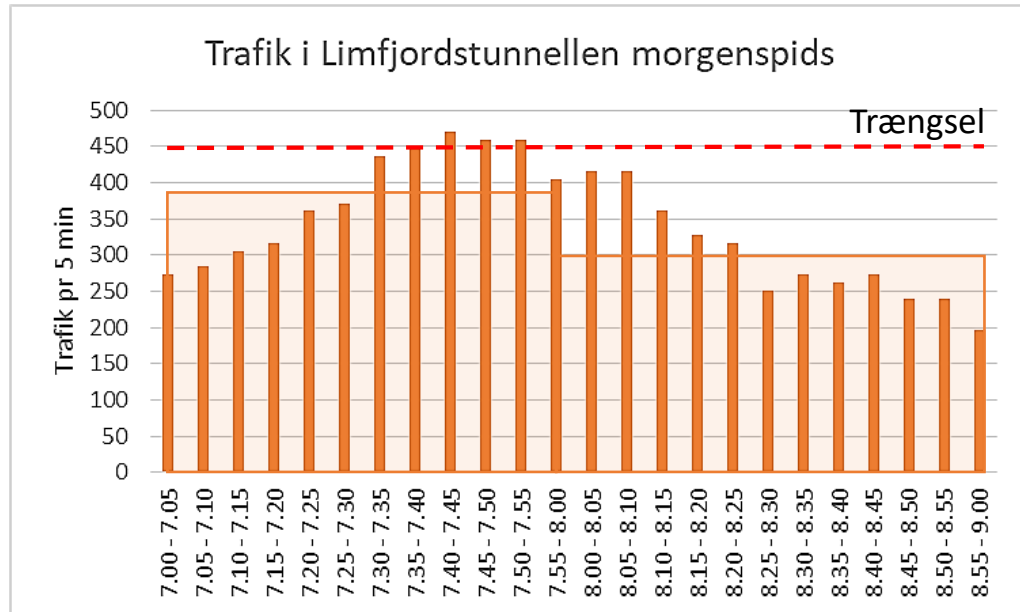
En fremskrivning af trafikudviklingen over de seneste 20 år med 1.500 kt om året: 103.000 (HDT) i 2030 og 118.000 (HDT) i 2040.

Forudsætningerne er den konstaterede trafikale udvikling i Limfjordstunnellen efter år 2000.

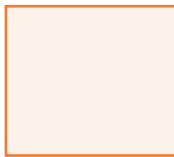
Kapacitetsreserve for to løsninger

- I det følgende er udregnet kapacitetsreserver for
 - En Egholmløsning sammen med den eksisterende Limfjordstunnel
 - En udbygget E45 med en paralleltunnel med reversible kørebaner i det midterste tunnelrør.
- Begge er udregnet for to trafikale udviklingsscenarier
 - En trafikal fremskrivning som for de seneste 20 år
 - En trafikal udvikling som anført i VVM 2021
- Limfjordsbroen inddrages ikke. Det forudsættes, at dens kapacitet vil være konstant og opbrugt.
- Der tages ikke hensyn til evt. konsekvenser af den nuværende Corona-nedlukning, som har medført en markant reduktion i trafikken.

Trafikal efterspørgsel, variation inden for morgenspidstime, 2030



Timetrafik
7.00 – 8.00 og
8.00 – 9.00



- Den trafikale efterspørgsel kan variere ganske meget inden for en spidstime.
- Selve trafikfordelingen er oprindelig fra 2013, hvor der i tidsrum mindre end en time var trængsel i Limfjordstunnellen.
- Den opregnede trafikfordeling til niveau 2030, VVM2021 viser trængsel ved ca. 450 kt. pr 5 min. med Egholmforbindelse.
- Der opstår med den beregnede trafikale efterspørgsel trængsel ved Limfjordstunnellen i sydgående retning i perioden 7.35 – 7.55.
- Regner man på timebasis som i Landstrafikmodellen, vil der ikke påvises trængsel, idet timetrafikken viser et gennemsnit på 380 kt. pr 5 min.
- Det er således afgørende, om man ønsker at imødekomme en trafikal efterspørgsel af fx et kvarters varighed eller en times varighed med tilsvarende trængsel.

E45 nuværende Limfjordstunnel, Basis VVM 2021

Limfjordstunnel



2 x 3 spor

Kapacitet:

4.500 kt/t/retn.

I de seneste 10 år har situationen ved Limfjordstunnelen været den, at der morgen og eftermiddag opstår kødannelser, som i 2018 når et omfang, der strækker sig over mere end en time.

Tidstabet kan opgøres til op mod 10 min. pr køretøj eller op mod 1000 timer dagligt.

Der er et betydeligt kapacitetsunderskud. Belastningsgraden på 1,30 i år 2030 taler sit tydelige sprog.

Ved beregning af trafik er der tale om "trafikal efterspørgsel". Ved belastning over 1,00 vil efterspørgslen ikke kunne imødekommes. Der opstår kødannelse.

2030	Trafik	Kapacitet	Belastning	Trafik	Kapacitet	Belastning
Limfjordstunnel (HDT)	96.600	75.000	1,30			
Tidspunkt	Kl. 7 – 8 Syd			Kl. 15 – 16 Nord		
Limfjordstunnel	5.500	4.500	1,22	5.800	4.500	1,29

Egholmforbindelse, VVM 2021

Egholmtunnel



2 x 2 spor
Kapacitet:
3.600 kt/t/retn.

Limfjordstunnel



2 x 3 spor
Kapacitet:
4.500 kt/t/retn.

Egholmforbindelsen har i spidstimerne et kapacitetsoverskud på næsten 40 %. I Limfjordstunnellen er der ikke noget kapacitetsoverskud, hvilket understreger, at der vil være begyndende kødannelse efter etableringen af en Egholmforbindelse.

En given vejstrækning bør ikke have en belastningsgrad, der overstiger 0,90 på timebasis af hensyn til en rimelig trafikafvikling inden for spidstimen. Kapacitetsreserven bør være til stede på den lokalitet, hvor behovet er.

Ønsker man at tilgodese en vis udvikling i trafikken efter åbning af forbindelsen, bør belastningsgraden ikke overstige 0,80 i åbningsåret.

2030	Trafik	Kapacitet	Belastning	Trafik	Kapacitet	Belastning
Egholmtunnel (HDT)	32.500	56.000	0,58			
Limfjordstunnel (HDT)	74.800	75.000	1,00			
Tidspunkt	Kl. 7 – 8 Syd			Kl. 15 – 16 Nord		
Egholmtunnel	1.900	3.600	0,53	2.000	3.600	0,56
Limfjordstunnel	4.300	4.500	0,96	4.500	4.500	1,00

Egholmforbindelse, fremskrivning med 1.500 kt. til 2030

Egholmtunnel



2 x 2 spor
Kapacitet:
3.600 kt/t/retn.

Limfjordstunnel



2 x 3 spor
Kapacitet:
4.500 kt/t/retn.

Differensen mellem VVM2021 og fremskrivningen af trafikken er fordelt med 24 % i Egholmtunnellen og resten i Limfjordstunnellen.

Egholmforbindelsen har i spidstimerne et kapacitetsoverskud på ca. 40 %. Omvendt er der i Limfjordstunnellen et væsentligt kapacitetsunderskud på ca. 10 %.

En given vejstrækning bør ikke have en belastningsgrad, der overstiger 0,90 på timebasis af hensyn til en rimelig trafikafvikling inden for spidstimen. Kapacitetsreserven bør være til stede på den lokalitet, hvor behovet er.

2030	Trafik	Kapacitet	Belastning	Trafik	Kapacitet	Belastning
Egholmtunnel (HDT)	34.000	56.000	0,61			
Limfjordstunnel (HDT)	79.700	75.000	1,06			
Tidspunkt	Kl. 7 – 8 Syd			Kl. 15 – 16 Nord		
Egholmtunnel	1.900	3.600	0,53	2.000	3.600	0,56
Limfjordstunnel	4.900	4.500	1,08	5.100	4.500	1,13

E45 med ekstra tunnelrør, reversible kørebaner

basis VVM + trafikspring 2.000 kt.

Limfjordstunnel



2 x 3 spor
Kapacitet:
4.800 kt/t/retn.
eller 1.600 pr
spor.
Ombygget
vejanlæg



3 spor
Kapacitet:
5.400 kt/t/retn.

Reversible kørebaner			Trafik	Kapac	Belast
Morgen	Nord	3 spor	3.800	5.400	0,70
	Syd	5 spor	5.600	8.000	0,70
Dag	Nord	3 spor	2.800	5.400	0,52
	Syd	3 spor	3.100	4.800	0,65
Efter middag	Nord	5 spor	5.900	8.600	0,69
	Syd	3 spor	3.800	4.800	0,79

Udbygningen af E45 med et ekstra tunnelrør har i spidstimerne et stort kapacitetsoverskud.

Da der er endnu et kørespor (der indregnes 8 af 9 mulige kørespor), som kan tages i brug efter behov, er kapacitetsoverskuddet i realiteten endnu større.

En given vejstrækning bør ikke have en belastningsgrad, der overstiger 0,90 på timebasis af hensyn til en rimelig trafikafvikling inden for spidstimen.

Ønsker man at tilgodese en vis vækst i trafikken efter åbning af forbindelsen, bør belastningsgraden ikke overstige 0,80 i åbningsåret.

2030	Trafik	Kapacitet	Belastning	Trafik	Kapacitet	Belastning
Limfjordstunnel (HDT)	98.600	134.000	0,74			
Tidspunkt	Kl. 7 – 8 Syd			Kl. 15 – 16 Nord		
Limfjordstunnel	5.600	8.000	0,70	5.900	8.600	0,69

E45 med ekstra tunnelrør, reversible kørebaner

fremskrivning med 1.500 kt. til 2030

Limfjordstunnel



2 x 3 spor
Kapacitet:
4.800 kt/t/retn.
eller 1.600 pr
spor.
Ombygget
vejanlæg



3 spor
Kapacitet:
5.400 kt/t/retn.

Reversible kørebaner			Trafik	Kapac	Belast
Morgen	Nord	3 spor	4.000	5.400	0,74
	Syd	5 spor	5.900	8.000	0,74
Dag	Nord	3 spor	2.900	5.400	0,57
	Syd	3 spor	3.200	4.800	0,71
Efter middag	Nord	5 spor	6.100	8.600	0,76
	Syd	3 spor	4.000	4.800	0,88

Udbygningen af E45 med et ekstra tunnelrør har i spidstimen et betydeligt kapacitetsoverskud.

Da der er endnu et kørespor (der indregnes 8 af 9 mulige kørespor), som kan tages i brug efter behov, er kapacitetsoverskuddet i realiteten endnu større.

En given vejstrækning bør ikke have en belastningsgrad, der overstiger 0,90 på timebasis af hensyn til en rimelig trafikafvikling inden for spidstimen.

2030	Trafik	Kapacitet	Belastning	Trafik	Kapacitet	Belastning
Limfjordstunnel (HDT)	103.000	134.000	0,77			
Tidspunkt	Kl. 7 – 8 Syd			Kl. 15 – 16 Nord		
Limfjordstunnel	5.900	8.000	0,74	6.100	8.600	0,71

Trafikal konklusion

- De to løsninger: En vestlig omfartsvej over Egholm og en udbygning af E45 med et ekstra tunnelrør er trafikalt belyst med følgende konklusion:
- Egholmløsningen har 2030 en betydelig kapacitetsreserve i Egholmtunnellen på ca. 40 %, medens der ikke er nogen restkapacitet i Limfjordstunnellen. Det er et alvorligt problem, at restkapaciteten findes på en lokalitet, hvor efterspørgslen ikke er til stede. Trængselsproblemerne i Limfjordstunnellen vil blot øges i takt med, at trafikken stiger efter 2030.
- En udbygning af E45 med et ekstra tunnelrør med reversible kørebaner fx som anført i "Forslag til udbygning af E45 ved Aalborg" udarbejdet i april 2020 vil sikre et væsentligt kapacitetsoverskud på ca. 30 %, der hvor efterspørgslen for ekstra kapacitet er til stede.
- Kort sagt: Uden markant forøgelse af kapaciteten på E45 ved Limfjordstunnellen vil trængselssituationen på E45 i 2030 med en Egholmforbindelse være på samme niveau som i 2013-14 og i 2040 på samme niveau som nu.

En trafikale analyse af Limfjordskrydsningen

- Der er ulykkeligt, at Vejdirektoratet er blevet bedt om kun at udarbejde en VVM analyse for en omfartsvej vest om Aalborg. Derved får man ikke et tilstrækkeligt grundlag for en politisk beslutning om ekstra trafikale kapacitet over Limfjorden ved Aalborg.
- Der er i første omgang ikke behov for at lave en omfattende VVM analyse for de to motorvejsløsninger ved Limfjorden.
- Det primære er at beskrive den trafikale udvikling og de to løsningers evne til at løse "transportopgaven" på kort og på langt sigt – herunder beregning af projekternes trafikøkonomi.
- En mere omfattende VVM analyse kan udarbejdes efterfølgende.
- Som det ses af det foregående, er en vestlig omfartsvej ikke i stand til at tiltrække så meget trafik fra Limfjordstunnellen, at der her bliver et kapacitetsoverskud, som kan opfange fremtidig trafikale vækst.
- Limfjordstunnellen vil allerede i åbningsåret blive belastet over sin kapacitet i dele af spidstimerne.
- Ud over en beregning af trafikken for en udbygning af E45 med en paralleltunnel er det afgørende, at der foretages simulering af de trafikale konsekvenser af kritiske situationer som fx hændelser, trafikuheld og reparationer i Limfjordstunnellen.
- En markant reduktion af de mange "hændelser" i Limfjordstunnellen er af afgørende betydning for erhvervslivets tillid til, at transport af varer, herunder de videre forbindelser mod Norge og Sverige, er pålidelig.