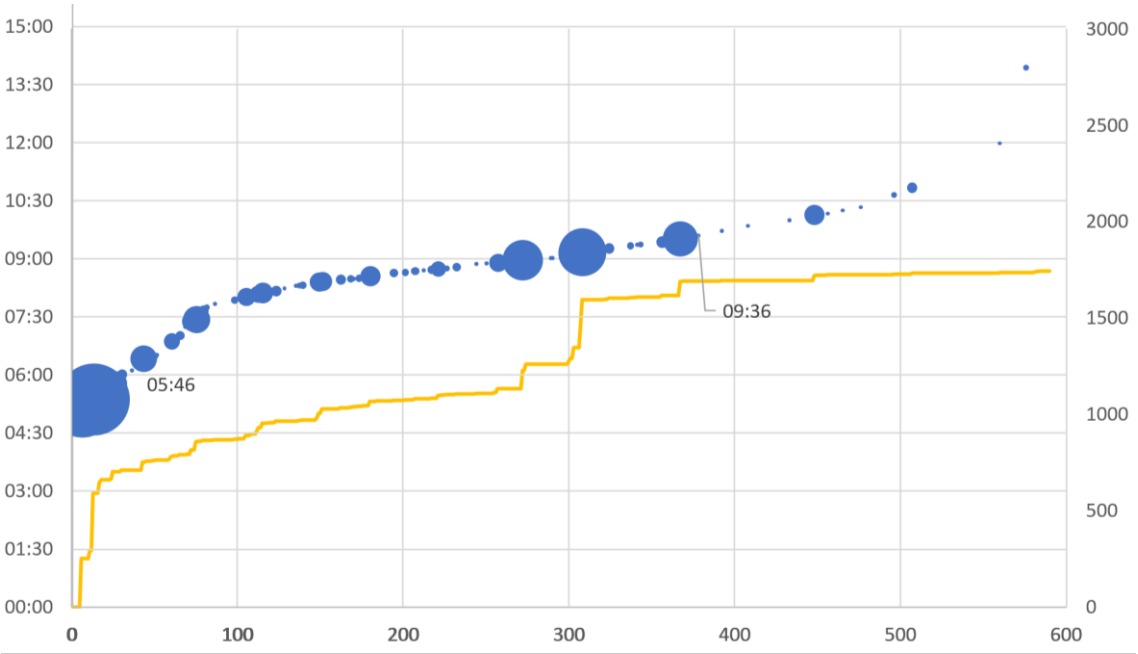
DIGITALA SYSTEM
SYSTEMS ENGINEERING



Reservkapacitet i tilldelningsprocessen (RIT) – Slutrapport

Martin Aronsson
Martin Kjellin

RISE Rapport : 2022:115

Reservkapacitet i tilldelningsprocessen (RIT) – Slutrapport

Martin Aronsson
Martin Kjellin

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

Abstract

Reserve capacity in Railway capacity allocation

Each year railway undertakings (RUs) apply for capacity to run trains on the railway infrastructure. The infrastructure manager (IM) should make a complete timetable for all applications together with capacity restrictions when maintenance etc must be performed. In this process, referred to as the capacity allocation process, the IM should also schedule some reserve capacity for later use during the execution of the plan. The reserve capacity then competes with the applied capacity of the RUs, since it is only motivated to introduce reserve capacity where there is a capacity scarcity. If there is plenty of rest capacity (capacity that no one applied for in the yearly process), then there is no need for reserve capacity.

Since reserve capacity competes with all other capacity applied for in the yearly capacity allocation process, the amount, location and lines where reserve capacity is introduced must be founded in fair and sound principles in order for the RUs in the yearly process to accept the costs taken to make room for the reserve capacity. This report addresses such models and methods for the Swedish capacity allocation process. The report in part summarizes in condensed form the two earlier reports that have been published, as well as reports some new material regarding process descriptions, data analyses of previous years' timetables and interviews with three different RUs. The report also gives some recommendations to the Swedish IM Trafikverket about tools for representing reserve capacity, design of the process and how to allocate paths based on reserve capacity once capacity has been reserved.

One key recommendation is that a new timetabling object should be introduced, called Capacity reservation, CR. A CR is a named (has identity) timetabling object that can be used in a train path in the future. If an RU wants to use such a CR in a train path, the RU must apply for it and exceed a valuation criterion to be able to get it. This valuation criterion is a connection to the costs that other yearly applied traffic has to take in order to make room for the reserve capacity. CRs are managed (not "allocated") by the IM and are not allocated to an RU or entrepreneur until they have applied for it. CRs are available for allocation after the timetable is finalized and the short-term process (ad hoc) is started, including the process step Late path requests.

The report also relates the models and methods to the upcoming new capacity allocation process called Timetabling and capacity redesign, TTR. TTR introduces Advance planning, i.e. planning in advance of the RU allocations. For this to work, it is crucial to be able to reserve capacity in various forms, both segmentation and reserve over time (safeguarding).

Key words: railway, timetabling, capacity allocation, reserve capacity

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport : 2022:115
ISBN: 978-91-89711-94-5

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

Innehåll

Abstract **1**
Innehåll **3**
Förord **5**
1 Sammanfattning **6**
1.1 Sammanfattande bakgrund 6
1.2 Sammanfattning slutsatser 7
1.3 Tilldelning av reservkapacitet 10
1.3.1 Kapacitetsreservation 10
1.4 Sammanfattning rekommendationer Reservkapacitet 11
2 Bakgrund, motiv och argumentation **12**
2.1 Ordlista 12
2.2 Introduktion 13
2.3 Principer och antaganden 16
2.3.1 Representation 16
2.3.2 Värderingskalkyl: Prioriteringskategorierna 18
2.3.3 Omfattning 21
2.3.4 Transparens 24
2.4 Sätt att identifiera reservkapacitetsbehovet 26
2.4.1 Reservkapacitet baserad på tidigare tågplaner 26
2.4.2 Marknadsundersökning baserad på godskorridorens process 30
2.5 Intervjuer 32
2.5.1 Åsikter om reservkapacitet 33
2.5.2 Att förutsäga behoven 33
2.5.3 Andra synpunkter från järnvägsföretagen 34
2.6 Föreslagen process 36
2.6.1 Identifiering av reservkapacitetsbehovet 36
2.6.2 Att reservera kapacitet 37
2.6.3 Att avropa kapacitet 37
3 RIT och koppling till TTR **39**
3.1 Sammanfattning av TTRs innehåll 39
3.1.1 TTR processbeskrivning 40
3.1.2 Segmentering av kapaciteten 42
3.1.3 Reservering 45
3.1.4 Flera IMs 45
3.1.5 Kapacitet 46
3.2 Att mäta kapacitet och kapacitetsåtgång 47

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

3.2.1 Exempel på kapacitetsanvändningsplan 50
3.3 Att värdera kapacitet i Advance planning 50
3.3.1 Kapacitetsstrategi och värdering 51
3.3.2 Kapacitetsmodellen 51
3.3.3 Utbud 52
3.4 Reservkapacitet och Rolling planning 54
3.4.1 Reservkapacitet, Rolling Planning och Successiv planering 55
Bilaga 56
1 Exempel på kapacitetsreservationer 56
1.1 Identifiera omfattning 56
1.2 Förutsägelse baserat på tidigare tågplan 62

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

Förord

Projektet *Reservkapacitet i tilldelningsprocessen - huvudstudie* (RIT huvudstudie) tillkom som ett resultat av flera föregående projekt med fokus på värdering, representation och metoder för schemaläggning av tidtabeller samt identifiering av brister i dagens process för kapacitetstilldelning på järnväg. Ett stort arv kommer från projektet *Samhällsekonomiskt effektiv tilldelning av järnvägskapacitet*, SamEff, i vilket olika former av värdering och kapacitetstilldelning studerades, ofta med olika modeller i form av auktioner eller dynamisk prissättning av kapacitet.

Reservkapacitet har under åren varit en svår fråga för infrastrukturägaren att hantera. Ofta har reservkapacitet likställts med restkapacitet, tidigare även med de s.k. E-lägena, vilket var tåglägen tilldelade en aktör men utan fastställda gångdagar utan dessa kunde avropas vid behov. E-lägen är dock inte samma som reservkapacitet då reservkapacitet skall kunna nyttjas av godtycklig sökande. Restkapacitet är kapacitet som blivit över, den är inte, som lagen föreskriver rörande reservkapacitet, ett initierat val av infrastrukturförvaltaren att avsätta för framtida behov. Det finns kort sagt ingen poäng med att kalla restkapacitet för reservkapacitet då restkapacitet ”blir vad den blir” i den årliga tilldelningen.

Den ursprungliga tanken var att projektet RIT huvudstudie skulle vara en fortsättning på doktorandprojektet SamEff, men då doktoranden slutade gjordes projektet om till ett utredningsprojekt med samma syfte, att ge underlag och ytterst besvara frågan om hur reservkapacitet i dagens tilldelningsprocess skall hanteras.

Till projektet lades också uppgiften att stötta Trafikverket i den pågående utvecklingen av det av RNE och FTE initierade projektet *Timetabling and Capacity Redesign*, TTR. TTR förändrar kapacitetstilldelningen på järnväg i grunden och innehåller för svenska förhållanden stora förändringar, bland annat bygger TTR mycket på förplanering av infrastrukturförvaltaren samt erbjudande av förplanerade tåglägen inför ansökan om kapacitet. Detta är något som i svensk järnvägslagstiftning idag tvärtom är i princip olagligt. Principen idag är att tågplanen planeras på nytt varje år (”startar med blankt papper”). Ingen förplanering skall ske utan infrastrukturförvaltaren skall så långt möjligt tillmötesgå de ansökningar om kapacitet som kommer in, och först när de kommer in. Undantaget är tåglägen i godskorridoren ScanMed som hanteras innan.

TTR innehåller också uppdelning av tillgänglig kapacitet i segment inom vilket olika transporttjänster förutsätts sökas, samt tilldelning av kapacitet upp till 3 år i förväg. Idag tilldelas kapacitet ett år i taget. TTR ställer stora krav på olika typer av reservation, och av det skälet har projektet RIT även omfattat frågeställningar sprungna ur TTR Sveriges arbete.

Arbetet i denna rapport har finansierats av Trafikverket under bidrag Dnr TRV 2019/41721

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

1 Sammanfattning

Denna del utgör sammanfattning av resultaten från projektet *Reservkapacitet i tilldelningsprocessen*[1], RIT. I projektet har det tagits fram två underlagsrapporter[2,3] samt bidrag till en mer forskningsinriktad rapport rörande mätning av kapacitet[4].

1.1 Sammanfattande bakgrund

Reservkapacitet är kapacitet som medvetet avsätts under kapacitetstilldelningen fram till fastställelsen för att kunna nyttjas under verkställandet av tågplanen. Reservkapacitet är ett lagkrav i svenska järnvägslag, men har hitintills inte haft en formaliserad process kring sig, ej heller principer för hur reservkapacitet representeras, värderas, beräknas, reserveras eller tilldelas. Projektet RIT studerar dessa frågor på ett principiellt plan och söker svar på vilka principer som bör vara vägledande för reservkapaciteten.

Reservkapacitet och restkapacitet har identifierats som två olika begrepp. Restkapacitet är kapacitet som blir över, som ingen sökande efterfrågat. Reservkapacitet är kapacitet som aktivt avsätts av infrastrukturförvaltare för senare tilldelning. Syftet är att säkerställa förmåga att tilldela effektiva tåglägen och/eller banarbeten även under innevarande tågplan.

Frågan om reservkapacitet kan spaltas upp i följande delar:

- Frågan om **representation**: Vad skall representeras? Hur skall detta mätas? Vad är kraven på representationen?
- Frågan om **värdering**: Hur skall reservkapaciteten värderas i förhållande till annan sökt trafik? Hur stor är osäkerheten i de olika processtegen i kapacitetstilldelningen, dels behovet och kalibrering av reservkapacitet, dels mängden kapacitet som kommer sökas i årsvis tilldelning.
- Frågan om **omfattning** som delas i tre underfrågor:
    - **geografisk placering** dvs. var i järnvägsnätverket skall den introduceras
    - **tidsmässig avgränsning** dvs. när i tiden (vissa veckodagar, perioder, tid på dygnet) skall kapacitet reserveras för senare bruk
    - **mängd kapacitet**, dvs. Hur mycket kapacitet skall avsättas?
- Frågan om **transparens**: Hur skall reservkapacitet beskrivas och kommuniceras till olika parter i tilldelningsprocessen.

Fråga två, tre och fyra ovan är beroende av fråga ett. För att svara på fråga tre behövs ett underlag att värdera och ställa framtida reserverad trafik mot årsvis sökt trafik. Fråga fyra handlar om att branschens parter dels förstår vad som reserverats och varför

[1] Arbetet i denna rapport har finansierats av Trafikverket under bidrag Dnr TRV 2019/41721
[2] Aronsson, M. (2020). RIT– Reservkapacitet i tilldelningsprocessen: Underlagsrapport 1. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-50134
[3] Aronsson, M., & Kjellin, M. (2022). RIT – Reservkapacitet i tilldelningsprocessen: Underlagsrapport 2. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-59299
[4] Aronsson, M., (2022). En not om att mäta kapacitet på järnväg. RISE rapport 2022:116

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

reservationen sker, dels att den är korrekt utifrån de principer för reservkapacitet som fastställts.

Det krävs mycket tydliga argument för att reservera kapacitet på bekostnad av årsvist sökt kapacitet. Varför skall infrastrukturägaren undanhålla kapacitet och neka/flytta/åsamka en sökande i årlig tågplan en kostnad till förmån för kommande ännu ej känd trafik? Formuleringen av regler och värdering behöver vara känd för de som söker till årlig tågplan men även för de som söker under innevarande tågplan.

Vägledande är värderingen av ett tågläge och den kapacitet som tågläget tar i anspråk. Det krävs mycket tydliga argument för att reservera kapacitet, och en transparent värdering är då nödvändig.

1.2 Sammanfattning slutsatser

Principmodellen som presenteras bygger följande grundläggande utgångspunkter:

- Att det behövs en värdering av reservkapacitet.
- Att den enbart skall reserveras där det behövs, inom avgränsade identifierade områden med trängsel, kallade *reservkapacitetsområden*.
- Att reservkapacitet inte är ”färdiga” tåglägen, projektet föreslår att s.k. *kapacitets-reservationer* introduceras som planeringsbart objekt i kapacitetstilldelningsprocessen. Dessa introduceras genom reservkapacitetsområden och kan ”avropas” **om** det tågläge som önskar nyttja kapacitetsreservationen har en värdering som överstiger ett satt gränsvärde. Gränsvärdet sätts för att motivera att kapaciteten reserverades, med kostnader motsvarande de för andra parter i årlig ansökan tagna kostnader. Motivet för att ha ett gränsvärde är att uppnå förtroende för reserveringen, tilldelning av kapacitetsreservationer måste under korttidsprocessen överträffa de kostnader som åsamkats aktörerna under årlig tilldelning (att det var värt att avsätta kapaciteten i den årliga tilldelningen).
- Att reservkapaciteten skall bli tillgänglig för tilldelning från och med processteget ”Kompletterande ansökningar” eftersom dessa tilldelas på infrastruktur som inte allokerats i fastställelsen vid tidpunkten X-3[5]. De kompletterande ansökningarna allokeras enligt kö-principen (som i korttidsplaneringen) men ingår som en del av den slutliga tågplanen som fastställs i november, benämnd ”Kompletterad fastställd tågplan”. Om reservkapacitet inte görs tillgänglig under processteget Kompletterande ansökningar leder detta till underliga incitament för de kompletterande ansökningarna som inte får tillgång till reservkapacitet, se resonemang förda i underlagsrapport två[6].

Frågan om värde har adresserats i projektet. Den kalkyl som i dagsläget uppfyller baskrav för att kunna användas är de i Järnvägsnätsbeskrivningen (JNB) angivna prioritetskategorierna. Det är den mest utvecklade kalkyl som har samhällsekonomisk utgångspunkt och som också är välkänd för aktörerna. Det finns dock inget som säger

[5] Vi använder den gängse notationen för tidpunkter relativt tågplanens första dag som brukar betecknas med X. X-3 betyder således ca 3 månader för tågplanens första dag. Tågplanens första dag liksom senaste dag för fastställelse och andra viktiga dagar i tilldelningsprocessen är reglerade i EU-direktiv, lag och förordning.

[6] Aronsson, M., & Kjellin, M. (2022). RIT – Reservkapacitet i tilldelningsprocessen: Underlagsrapport 2. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-59299

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

att inte en annan kalkyl kan utvecklas och användas. Kravet är att värderingskalkylen har förtroende i branschen för att tidsmässiga kostnader och/eller kostnader för nekad kapacitetstilldelning som uppstår i den årliga tilldelningen till förmån för senare tilldelning under korttidsplaneringen är motiverad. Skall detta förtroende finnas måste avvägningen mellan tilldelning i årliga processen och tilldelning under korttids-planeringen ske enligt principer som kan jämföras, hanteras och respekteras.

Projektets förslag till process utgår från att mängden reservkapacitet som avsätts i varje tågplan skall identifieras, avsättas och kommuniceras till sökanden i förväg[7]. Angivande av den årligt avsatta reservkapaciteten kan t.ex. ske i JNB. Reservkapaciteten är därefter en planeringsförutsättning genom resten av processen, analogt med t.ex. tillfälliga kapacitetsbegränsningar/utpekade tillfälliga kapacitetsbegränsningar. Alternativ till detta har undersökts i projektet[8] men har bedömts som för svåra att implementera, hantera och få acceptans för i nuvarande kapacitetstilldelningsprocess.

Behov av reservkapacitet finns där det redan i den årliga tilldelningen uppstår trängsel. Behov finns inte där det finns mycket restkapacitet kvar eftersom det då finns möjligheter att tilldela tåglägen/banarbeten på ett tillfredställande sätt. Detta gör att frågorna om värdering och representation utgör nycklar för att definiera reservkapacitet samt få respekt för att den kapacitet som avsätts är proportionerlig och välavvägd. Med stor sannolikhet kommer därmed reservkapaciteten som avsätts att påverka den årliga tilldelningen.

Reservkapacitet avsätts inte för att passa enbart en aktör eller en typ av tåglägen. Till skillnad från den ettåriga tågplanen där all kapacitet för ett år söks i en sammanhållen ansökan, och då också behandlas som en sammanhållen ansökan, så söks kapacitet under tågplanens genomförande kontinuerligt för kvarvarande period. Således önskas trafiken vid årsvis kapacitetstilldelning hållas ihop så mycket som möjligt. För korttidsansökta tåglägen, då tillkommande trafik skall läggas in, är det mer naturligt att utgå från varje dags specifika utseende, även om det av praktiska skäl även där är önskvärt att söka hålla ihop lösningar för tillkommande tåglägen. Detta betyder att varje kapacitetsreservation sannolikt inte baseras på en typ av trafik eller en aktörs behov, utan skall kunna svara upp mot så många framtida behov som möjligt då kapacitetsreservationen planeras inför den årliga tilldelningen. Även om analys och intervjuer kan resultera i mer specifika behov så är det viktigt att abstrahera, generalisera och anpassa kapacitetsreservationer på ett sådant sätt att de kan vara tillämpliga för så många framtida behov som möjligt. Det är också enklare i årlig kapacitetstilldelning samt vid presentation och kommunikation att hantera ett fåtal kapacitetsreservationer som är en kompromiss av flera behov än ett större antal som i sin tur är mer specifika men också konkurrerar om kapacitet (dvs. där inte alla kapacitetsreservationer är genomförbara samtidigt).

Projektet har identifierat att den svåraste frågan att besvara är den om omfattningen. Reservkapacitet skall adressera framtida ännu ej kända behov, värdera dessa och ställa

[7] Projektet har även undersökt möjligheten att dynamiskt värdera och avsätta reservkapacitet under själva kapacitetstilldelningen efter ansökan om kapacitet, se underlagsrapporterna 1 och 2. Bedömningen är att detta kan bli aktuellt som ett senare steg och inte initialt.

[8] Aronsson, M. (2020). RIT– Reservkapacitet i tilldelningsprocessen: Underlagsrapport 1. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-50134

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

dessa mot prognosticerade årliga ansökningar för att klargöra reservkapacitetens omfattning inför ansökan om kapacitet. Häri ligger både osäkerhet om de kommande årliga ansökningarna från järnvägsföretagen/trafikorganisatörer samt osäkerheten rörande vilka ansökningar om ny trafik/banarbeten som kan inkomma under tågplanens genomförande. Två ansatser har undersökts:

- Dels att ur tidigare tågplaner söka mönster på tillkommande behov som är systematiskt i någon form. Detta kräver att ansökningar om kapacitet faktiskt gjorts under tidigare år.
- Dels att genom intervjuer försöka identifiera om ett dolt behov existerar, d.v.s. ansökningar skulle göras om det fanns plats i aktuell tågplan, men detta inte kan ske då all kapacitet redan allokerats under framtagande av årlig tågplan.
  Ett underfall till denna punkt utgör de tåglägen som söks under korttidsprocessen men som inte söks där de egentligen borde genomföras eftersom där är kapaciteten redan tilldelad, utan de söks istället, ur sökandens perspektiv, på mindre attraktiv tid.

Det har varit svårt att utläsa behovet av reservkapacitet från tidigare tågplaner[9]. En trolig anledning till detta är att de ofta är kraftigt påverkade av just den tågplanens ”unika egenskaper”, t.ex. de olika (utpekade) tillfälliga kapacitetsbegränsningar som förekom det året. Dessutom är den tillkommande trafiken relativt sett ganska liten som andel av den totala trafiken[10].

En mer framkomlig väg att identifiera reservkapacitet kan vara genom att genomföra ”marknadsundersökningar” liknande de som görs för godskorridoren ScanMed[11] tillsammans med aktörerna. Aktörerna har dock vid intervjuer själva konstaterat att de har svårt att identifiera framtida behov av reservkapacitet, se avsnitt 2.5.

Projektet har identifierat att det på vissa platser och vid vissa tidpunkter är känt att all kapacitet inte är och inte bör bli tilldelad vid årlig kapacitetstilldelning för att behoven inte är kända i förväg (t.ex. i samband med timmertransporter in till bruk och såg samt för tjänstetåg mellan Stockholms central och Hagalund). Det är också känt att vissa regioner hanterar ett reservkapacitets-liknande förfarande i kapacitetstilldelningen, t.ex. Skåneregionen använder sig av s.k. Förplanerade ersättningslägen[12]. Dessa tåglägen är fastställda samt därefter inställda, men kan återanordnas vid behov (förseningar, arbeten mm). Dessa är dock tilldelade en aktör under fastställelsen samt mer omfattande (hela tåglägen) än de kapacitetsreservationer som projektet föreslår (se stycke 1.3.1 nedan), vilka enbart motiveras av trängsel inom ett avgränsat område. En stor poäng med kapacitetsreservationerna är även att de inte är tilldelade en aktör, utan skall kunna nyttjas som del i ett under korttidsprocessen sökt och tilldelat tågläge.

[9] Aronsson, M., & Kjellin, M. (2022). RIT – Reservkapacitet i tilldelningsprocessen : Underlagsrapport 2. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-59299
[10] Aronsson, M. (2020). RIT– Reservkapacitet i tilldelningsprocessen : Underlagsrapport 1. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-50134
[11] Aronsson, M., & Kjellin, M. (2022). RIT – Reservkapacitet i tilldelningsprocessen : Underlagsrapport 2. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-59299
[12] Trafikverket internt PM ”Förplanerade ersättningslägen T22”, erhållit 2022-08-23.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

1.3 Tilldelning av reservkapacitet

Projektet har dragit slutsatsen att skall reservkapacitet avsättas kan denna inte tilldelas enbart enligt kö-principen (”först till kvarn”) i korttidsplaneringen. Reservkapacitet avsätts där det råder trängsel redan i den årsvisa tilldelningen vilket betyder att avsatt reservkapacitet högst sannolikt aktivt påverkat tilldelningen av de årsvist sökta tåglägena. Om då köprincipen vore den enda principen för tilldelning så kan ett tågläge med låg nytta komma att tilldelas på reservkapacitet som i sin tur undanträngt värdefull trafik i den årliga processen. Av det skälet behöver allokering av reservkapacitet ses som en förlängning eller fördröjd årsvis tilldelning, där värdet av den senare tilldelade trafiken överträffar de kostnader som årsvist tilldelad trafik har tagit för att göra rum för reservkapaciteten. Detta liknar dynamisk prissättning som används med framgång i många tjänstebranscher, t.ex. hotell, flyg och resandetåg m.fl. Underlagsrapport 1 beskriver detta resonemang i mer detalj[13].

Reservkapacitet behöver tillgängliggöras för avrop då processteget ”Kompletterande ansökningar” genomförs, annars blir incitamenten underliga för de sökande om de inte har tillgång till reservkapacitet under denna fas men får det ett par månader senare då korttidsprocessen tar sin start.

1.3.1 Kapacitetsreservation

Projektet har studerat ett flertal representationsformer för reservkapacitet. Förslaget är att introducera ett nytt kapacitetsobjekt, *Kapacitetsreservationer*. En kapacitets-reservation är en reserverad kapacitet som kan fungera som en del av ett framtida tänkt tågläge, liknande det säkerhetsobjekt som ett (operativt) tågnummer har. En kapacitetsreservation finns enbart inom ett trängselområde, kallat kapacitets-reservationsområde, och begränsas av trängselområdets rand (dvs de stationer inom vilket kapacitetsreservation finns). Likaså begränsas kapacitetsreservationen av de tid-punkter och/eller tidsperioder som det är trängsel.

Identiteten för kapacitetsreservationen görs på samma sätt som för tågläge och gångdag, dvs. samma kapacitetsreservationsobjekt kan förekomma i tågplanen ett antal gångdagar. Det är namnet (numret) på detta tågplaneobjekt tillsammans med dag i tågplanen som utgör unik identitet på en atomär kapacitetsreservation. Varje sådan atomär kapacitetsreservation avropas individuellt (eller i grupp, om flera gångdagar är aktuellt för ett korttidssökt tågläge).

Dessa kapacitetsreservationer kan användas som del av ett korttidsplanerat tågläge. Trafikverket står som förvaltare av detta fram till dess att läget tilldelats till en aktör i ett sökt korttids-tågläge givet att nyttan med det sökta tågläget överstiger den nyttogräns som är satt för kapacitetsreservationen[14].

Om successiv planering används så ges med fördel kapacitetsreservationerna ett spelrum i tid inom vilket de kan allokeras då de nyttjas. Utan Successiv planering

[13] Aronsson, M. (2020). RIT– Reservkapacitet i tilldelningsprocessen : Underlagsrapport 1. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-50134

[14] Aronsson, M., & Kjellin, M. (2022). RIT – Reservkapacitet i tilldelningsprocessen : Underlagsrapport 2. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-59299

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

föreslås kapacitetsreservationerna ha generiska egenskaper som passar flertalet av de möjliga prestanda som kan tänkas nyttja kapacitetsreservationen (t.ex. reservkapacitet avsatt för resandetåg max 160 km/h för resandetåg, 1800 ton 80 km/h för reservkapacitet och godståg). Detta för att kunna passa flertalet av de under korttidsprocessen sannolikt sökta tåglägena.

1.4 Sammanfattning rekommendationer Reservkapacitet

Följande punkter sammanfattar projektets slutsatser i punktform.

- Reservkapacitet är bara relevant att reservera då det är trängsel och ont om kapacitet. Annars finns det restkapacitet i tillräcklig omfattning. Sådana områden med reservkapacitet benämns reservkapacitetsområden, det är enbart innanför sådana identifierade områden som reservkapacitet kan förekomma. Reservkapacitetsområden kommuniceras med aktörerna genom t.ex. Järnvägsnätsbeskrivningen.
- All reservering av kapacitet måste kunna motiveras utifrån ett samhällsnytto-perspektiv, annars uppstår godtycke i tilldelningen. Reservkapacitet måste kunna motiveras utifrån samhällsnytta i relation till den trafik den påverkar i den årliga tilldelningen.
- Reservkapacitet skall göras tillgänglig i processteget Kompletterande ansökningar.
- Ett nytt kapacitetsobjekt föreslås, kapacitetsreservation. Detta objekt planeras läggas in i kommande tågplan inför processteget Ansökan om kapacitet och kommuniceras med aktörerna genom t.ex. Järnvägsnätsbeskrivningen. Kapacitetsreservationerna föreslås vara en planförutsättning, åtminstone de första åren.
- Det finns geografiska områden som har stort behov av reservkapacitet och där tåglägen tilldelas i stor utsträckning under tågplanens genomförande, t.ex. Stockholms central–Hagalund och trafik till/från Göteborgs hamnområde samt in och ut från sågverk och pappersbruk (rundvirkestransporter). Prov med att införa hantering med reservkapacitet föreslås göras i sådana områden snarare än på stambanor. Detta för att prova ut processer, metoder och omfattning.
- Operatörerna själva ger inte uttryck för att de har något större behov av reserv-kapacitet, de är mer villiga att diskutera andra tillkortakommanden i tilldelnings-processen som de uppfattar är viktigare att komma till rätta med.

En synpunkt är att det kan vara betydligt viktigare att implementera Successiv planering och ökad följsamhet och anpassningsförmåga i tågplanen än en rigorös hantering av reservkapacitet. Succesiv planering kan räcka långt i förmågan att skapa attraktiva tåglägen i en befintlig tågplan. Successiv planering kan kompletteras med kapacitetsreservationer i reservkapacitetsområden där behoven är särskilt dynamiska och stor brist på (reserv)kapacitet blir synnerligen kostsam om kapacitetsreservationer inte gjorts, t.ex. Stockholms central–Hagalund eller förbi Kville ut till Skandiahamnen.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

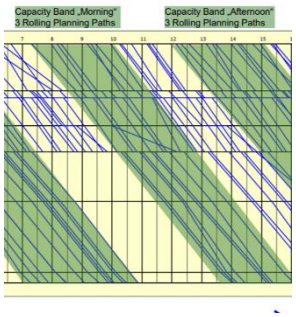
2 Bakgrund, motiv och argumentation

I denna del ges mer bakgrund, resonemang och motiv till de slutsatser som dragits i projektet. Ytterligare information finns i de två underlagsrapporter[15,16] som producerats inom ramen för projektet samt i den slutrapport[17] som förstudien tog fram.

2.1 Ordlista

Detta kapitel sammanfattar den terminologi som används i rapporten.

- Årlig (årsvis) kapacitetstilldelning
  Den process som startar med ansökan om kapacitet och avslutas med beslut om kompletterad fastställd tågplan.
- Långtidsprocess
  Synonym till processen för årlig kapacitetstilldelning
- Korttidsprocess
  Den tilldelningsprocess som startar efter fastställelsen. Ofta kallas denna process ad hoc-processen, men då detta begrepp internationellt används enbart för akuta händelser under eller nära inpå avgång så undviker vi att använda ad hoc som benämning för hela skedet efter fastställelsen. Termer som är kopplade till korttidsprocessen är till exempel ”korttidsansökan” och ”korttidsansökt tåg(läge)”.
- Korttidsplanering
  Den planering som sker under korttidsprocessen (innevarande tågplan) och även under fasen som hanterar Kompletterande ansökningar.
- Reservkapacitet
  Samlingsbegrepp för den kapacitet som *medvetet* avsätts i årlig tilldelning för tilldelning efter fastställelse
- Restkapacitet
  Kapacitet som vare sig tilldelats ett tågläge under årlig tilldelning eller ingår i reservkapacitet. Restkapacitet är outnyttjad kapacitet ”som blivit över” i den årliga tilldelningen.
- Kapacitetsreservation
  Den kapacitet, genom ett definierat trångsektorsområde, som skall upprätthållas under årlig tilldelning. Observera att detta är ”en bit av ett framtida tågläge” och inte ett fullständigt tågläge. Det gör att den definierade kapaciteten för kapacitetsreservationen kan starta och sluta på vilken tidtabellplats som helst, så länge som kapaciteten mellan de två ändpunkterna i kapacitetsreservationen kan användas som komponent för

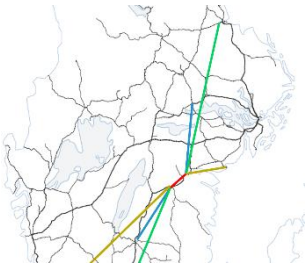


[15] Aronsson, M. (2020). RIT– Reservkapacitet i tilldelningsprocessen: Underlagsrapport 1. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-50134
[16] Aronsson, M., & Kjellin, M. (2022). RIT – Reservkapacitet i tilldelningsprocessen: Underlagsrapport 2. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-59299
[17] Aronsson, M. (2019). Reservkapacitet i tågplaneprocessen : Förstudie. RISE Rapport 2019:49. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:trafikverket:diva-5552

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

att skapa ett sammanhängande tågläge i ett senare skede.

- Reservkapacitetsområde
  Område eller sträcka som innehåller kapacitetsreservationer. Området har alltså i tidigare skeden beslutats innehålla reservkapacitet.



- Gränsvärde
  En värdering som de tåglägen som ingår i ett reservkapacitetsområde måste överstiga. Tanken med gränsvärdet är att samtliga tåglägen i en tågplan måste överstiga det identifierade gränsvärdet för att få nyttja kapacitet som inte är restkapacitet. Gränsvärden diskuterades i föregående underlagsrapport.[18]
- Omledningsläge
  Ett omledningsläge är ett tågläge som är en ersättning för ett annat i normala fall tilldelat tågläge till en transportuppgift. Ett omledningsläge har normalt sett i förhållande till uppgiften en sämre realisering genom nätet och är därför inte förstahandsvalet för järnvägsföretaget/den sökande. För omledningsläget gäller att ursprungstågläget haft en sådan värdering att det skulle ha beretts plats i tågplanen. Omledningslägen uppkommer oftast som en konsekvens av banarbeten (omledning runt banarbetet).
- Transportläge
  En abstraktion av ett (framtida) tågläge, drivet av ett transportbehov och som tas fram innan ansökan om kapacitet. Ett transportläge karakteriseras av sina avgångs- och ankomsttider till driftplatser där det finns kommersiella aktiviteter, exempelvis av/påstigande eller av/påkoppling av vagnar men även det tidsfönster inom vilket det kan schemaläggas och fortfarande uppfylla sin transportuppgift. Tidsfönstret ges av en nyttovärdering i någon form, till exempel prioriteringskategorierna beskrivna i Järnvägsnätsbeskrivningen.
- Fastställd tågplan
  Från och med tågplan 2023, T23, benämns fastställningstillfället i september (X-3) enbart ”fastställd tågplan”. Detta tillfälle hette tidigare ”primärt fastställd tågplan”. Vi har försökt hålla oss till den nyare terminologin.
- Kompletterad fastställd tågplan
  Från och med tågplan 2023, T23, benämns det tillfälle som fastställer tågplanen inklusive de kompletterande ansökningarna (de som inkommit under den årliga kapacitetstilldelningsprocessen fram till fastställd tågplan) för ”kompletterad fastställd tågplan”. Detta tillfälle hette tidigare ”fastställd tågplan”. Vi har försökt hålla oss till den nyare terminologin.

2.2 Introduktion

Reservkapacitet är kapacitet som medvetet avsätts under kapacitetstilldelningen fram till fastställelsen för att kunna nyttjas under verkställandet av tågplanen. Reservkapacitet är ett lagkrav i svensk järnvägslag, men har hitintills inte haft en formaliserad

[18] Aronsson, M. (2020). RIT– Reservkapacitet i tilldelningsprocessen: Underlagsrapport 1. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-50134

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

process kring sig, ej heller principer för hur reservkapacitet representeras, beräknas, reserveras eller tilldelas.

Begreppet reservkapacitet förekommer i lagtext i Järnvägsmarknadslagen (2022:365) 7 kap. 2 § första och andra stycket:

> ”En infrastrukturförvaltare ska bedöma behovet av att organisera tåglägen för olika typer av transporter, inklusive behovet av reservkapacitet. Om ansökningarna om infrastrukturkapacitet inte kan samordnas, ska förvaltaren tilldela kapacitet med hjälp av avgifter eller i enlighet med prioriteringskriterier som medför ett samhällsekonomiskt effektivt utnyttjande av infrastrukturen.
>
> Infrastrukturförvaltaren får, efter samråd med berörda parter, reservera viss järnvägsinfrastruktur för viss järnvägstrafik om det finns alternativ järnvägs-infrastruktur. Att infrastrukturen har reserverats för viss järnvägstrafik får inte hindra annan trafik på denna järnvägsinfrastruktur, om kapacitet finns tillgänglig och järnvägsfordonen har de tekniska egenskaper som krävs.”

samt under 12 § första stycket

> ”Infrastrukturförvaltaren ska ta fram ett förslag till tågplan med utgångspunkt i de ansökningar som kommit in och med beaktande av behovet av reservkapacitet. I förslaget ska det även anges vilka tåglägen för internationell trafik som planerats tillsammans med andra infrastrukturförvaltare.
>
> Infrastrukturförvaltaren ska i så stor utsträckning som möjligt tillmötesgå alla ansökningar om infrastrukturkapacitet samt beakta den ekonomiska effekten på de sökandes verksamhet och andra förhållanden av betydelse för de sökande.”

Det andra stycket i 12 § framgår inte hur reservkapacitet skall ställas mot ansökningar om tåglägen. Det framgår inte heller i lagtexten hur reservkapacitet skall mätas, formuleras, representeras eller värderas, inte heller om detta skall ses som en planförutsättning eller om det tvärtom inte får ingå i förutsättningarna inför ansökan om kapacitet.

Reservkapacitet förekommer också i Transportstyrelsens författningssamling TSFS 2022:32. I 4 kap. 3 § *Förslag till tågplan* står det

> ” Förslaget till tågplan ska vara en sammanställning av
>
> 1. alla inkomna ansökningar om tåglägen,
> 2. i enlighet med 7 kap. 12 § järnvägsmarknadslagen (2022:365) planerade tåglägen för internationell trafik,
> 3. infrastrukturförvaltarens planerade banarbeten,
> 4. behovet av reservkapacitet för ad hoc-ansökningar om tåglägen,
> 5. behovet av reservkapacitet för banarbeten som inte kan bokas i planeringsprocessen,
> 6. behovet av reservkapacitet för transporter av arbetsfordon, och
> 7. restkapacitet.
>
> Information om hur tillfälliga kapacitetsbegränsningar ska hanteras och offentliggöras framgår av kommissionens delegerade beslut (EU) 2017/2075.”

Vidare står det i 4 kap. 8 *Tågplan*:

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

”En tågplan ska innehålla uppgifter om

1. tilldelade tåglägen,
2. kapacitet som har reserverats för banarbeten,
3. reservkapacitet för ad hoc-ansökningar om tåglägen,
4. reservkapacitet för banarbeten som inte kan bokas i planeringsprocessen,
5. reservkapacitet för transporter av arbetsfordon, och
6. restkapacitet.

Information om hur tillfälliga kapacitetsbegränsningar ska hanteras och offentliggöras framgår av kommissionens delegerade beslut (EU) 2017/2075.”

Av TSFS 2022:32 framgår det att reservkapacitetens användningsområde är dels framtida tåglägen som söks i ad hoc-processen (i denna rapport kallad korttids-processen), dels för banarbeten som inte bokats i planeringsprocessen (som får antas referera till den årliga kapacitetstilldelningsprocessen) inkluderande transporter av arbetsfordon. Det framgår också indirekt att restkapacitet inte ingår i reserv-kapaciteten.

EU har antagit SERA-direktivet (2012/34/EU). I detta nämns begreppet reserv-kapacitet. I artikel 48 står det:

”Infrastructure managers shall, where necessary, undertake an evaluation of the need for reserve capacity to be kept available within the final scheduled working timetable to enable them to respond rapidly to foreseeable ad hoc requests for capacity. This shall also apply in cases of congested infrastructure”.

Samtliga länder omfattas av EUs direktiv och borde således ha adresserat frågan. Under förstudien, som genomfördes under 2018-2019[19], gjordes en genomlysning av andra länders hantering av reservkapacitet. 16 länders järnvägsnätsbeskrivningar undersöktes med avseende på reservkapacitet, men ingen kan sägas adressera detta. Således finns det inget internationellt tillgängligt ramverk att luta sig mot då det gäller implementering av EUs direktiv avseende reservkapacitet.

Projektet RIT har adresserat frågan om hur reservkapacitet skall säkerställas på ett principiellt plan och söker svar på vilka principer som bör vara vägledande för avsättande samt nyttjande av reservkapacitet. Att reservera kapacitet till efter-kommande behov som kan leda till att sökta tåglägen får sämre tilldelning eller i värsta fall inte får plats i den årliga tågplanen kräver att det finns ett mycket tydligt argument för detta. En transparent värdering av trafik, kapacitet och tåglägen är då nödvändig. Formuleringen av detta i termer av regler och värdering behöver således vara klargjort i förväg för att uppfylla kravet på transparens och vara känt för aktörerna som söker kapacitet i årlig tågplan men även för de som söker under korttidsprocessen (under innevarande tågplan).

Den absolut största svårigheten, som är ofrånkomlig, är att försöka förutse det som inte är känt i förväg. Reservkapacitet skall vara till framtida ännu ej kända behov (vore behovet preciserat i förväg så skall det ju sökas i den årliga processen).

[19] Aronsson, M. (2019). Reservkapacitet i tågplaneprocessen: Förstudie. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:trafikverket:diva-5552

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

Vår principmodell bygger på några grundläggande principer:

- dels på värdering av tåglägen och reservkapacitet, denna värdering skall i allt väsentligt vara formulerad på lika sätt,
- dels på att den enbart skall läggas in där det behövs i *reservkapacitetsområden* (dvs i trångsektorsområden där det råder trängsel), eftersom där det finns tillräckligt med restkapacitet finns det stora möjligheter att tilldela kapacitet till tillkommande trafik
- dels att det inte är färdiga tåglägen utan s.k. *kapacitetsreservationer* genom reservkapacitetsområden som kan ”avropas” av sökande aktör i korttidsplaneringen
- dels att värdet på sökt transport överstiger det gränsvärde som satts för kapacitetsreservationen och som baseras på de kostnader övrig trafik fått ta för att möjliggöra kapacitetsreservationen (reservera reservkapaciteten).

2.3 Principer och antaganden

Detta stycke adresserar de fyra grundläggande frågorna för reservkapacitet: representation, värdering, omfattning och transparens.

Järnvägstrafiken på statens anläggning skall planeras så att den leder till så stor samhällsnytta som möjligt, ofta tolkat som samhällsekonomiskt effektiv. Således skall reservkapacitet utformas och tilldelas så att det leder till samhällsekonomiskt effektivt nyttjande. Det är då trafiken genomförs som nyttan uppstår och inte vid planeringen, men det är vid planeringen som förutsättningarna för ett effektiv genomförande skapas[20].

Reservkapacitet skall således vara ett verktyg att uppnå *större* nytta vid genomförandet av tågplanen än om man inte har detta verktyg. Reservkapacitet måste kunna representeras på ett sådant sätt att den kan användas efter fastställelsen och att denna användning leder till ett samhällsnyttigare nyttjande av infrastrukturen än om reservkapacitet inte fanns. Omfattningen måste vara sådan att den vare sig hindrar årligt sökt trafik mer än nödvändigt men samtidigt leder till ett optimalt nyttjande av infrastrukturen vid genomförandet av tågplanen[21] inkluderande de i korttidsprocessen sökta tåglägena. Förutom att motiven till reserverad reservkapacitet skall vara begripliga och välgrundade så skall reservkapaciteten som avsätts i sig vara enkel att nyttja av marknadens parter.

2.3.1 Representation

Reservkapacitet är kapacitet som avsätts i tågplanen för framtida behov. Det är således inte nödvändigtvis ett tågläges-liknande objekt som skall reserveras utan en *förmåga* eller *möjlighet* att skapa tåglägen (eller utrymme för åtgärder kring banarbeten t.ex. transport av arbetsfordon) som skall reserveras. I grund och botten beror detta på hur kapacitet och kapacitetskonsumtion representeras och hanteras samt hur begreppet tågläge definieras, om t.ex. alla tidtabellpunkter är frysta i en fastställd tågplan eller om

[20] Planering är alltid en förberedelse på genomförandet, det är inte planen som skall ge ett teoretiskt optimalt värde utan den skall, då den genomförs, leda till största samhällsnytta. Således skall planen ta höjd för osäkerheter i underlaget, risk för förseningar mm.

[21] Se RIT Underlagsrapport 1 (http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-50134) för utförligare resonemang om principer för värdering mm.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

antalet tidtabellpunkter enbart är ett urval t.ex. det som benämns avtalstider inom Successiv planering. Ju mer sätt det finns att realisera ett tågläge i korttidsplaneringen, desto större möjligheter finns det att skapa nya tåglägen bland de redan tilldelade under korttidsplaneringen och detta påverkar givetvis möjligheterna och behovet att avsätta kapacitet under den årliga processen och därmed den påverkan det har på årligt sökt kapacitet. Dock kan det av process- eller transparens-skäl vara så att reservering av reservkapacitet görs bäst med ett tåglägesliknande objekt, åtminstone som första realisering, då alla aktörer är vana vid denna representationsform.

Projektet föreslår ett nytt objekt i tågplanen introduceras, kallat *kapacitetsreservation*. En kapacitetsreservation är ett tåglägesliknande objekt, men är inte knutet till en aktör eller en transportuppgift då det läggs in i den årliga tågplanen. Motivet att introducera en kapacitetsreservation kommer i stället av att reservkapacitet skall reserveras. Syftet med kapacitetsreservationen är att den skall kunna omvandlas till att bli en del i ett under korttidsplaneringen fastställt tågläge. Kapacitetsreservationen är således *inte* en tilldelad kapacitet, utan en *undanhållen* kapacitet, *reserverad* för *framtida* tilldelning.

Ingen aktör har rätten att nyttja kapacitetsreservationen förrän den är tilldelad en transport, banarbete eller annan användning. Infrastrukturförvaltaren har i uppgift att förvalta kapacitetsreservationen till dess att den tilldelas under korttidsplaneringen eller under processteget Kompletterande ansökningar. Detta betyder också att kapacitetsreservationen inte nödvändigtvis har en gångtidsmall (eller, i framtiden med systemet TPS, given fordonskonfiguration) utan i stället skall den avpassas så att den dels rymmer så många fordonskonfigurationer som möjligt (passa så många som möjligt), möjliggöra eventuella stoppmönster som är vanligt förekommande på sträckan, samt blir attraktiv att nyttja för sökande under innevarande tågplan. I Bilaga 1.1 ges ett exempel på ett enkelt resonemang att identifiera egenskaper hos kapacitets-reservationen för en del av Södra stambanan.

Genom att göra kapacitetsreservationen lik ett tågläge underlättas användningen. Tekniskt är detta objekt likt det säkerhetsobjekt som utgör ett (operativt) tågnummer. Det har prestanda-egenskaper, en definierad startplats och slutplats samt en väg mellan dessa[22]. Jämfört med ett (operativt) tågnummer så skiljer sig kapacitets-reservationen genom att den inte har en ”ägare” i form av en aktör, detta eftersom den ännu inte är tilldelad någon. Vidare så kan kapacitetsreservationen ändra prestanda då den avropas (i princip till en ”högre” prestanda t.ex. bättre accelerationsegenskaper, kravet är att det avropande tågläget ”ryms” inom den avsatta kapaciteten).

Kapacitetsreservationen har ett nytto-gränsvärde som avgör om ett tågläge kan få nyttja kapacitetsreservationen. Detta skiljer reservkapaciteten från restkapacitet. Det bakomliggande skälet till detta är att reservkapacitet kan ha avsatts på bekostnad av årsvis tilldelad trafik, på ett eller annat sätt (t.ex. årsvis tilldelad trafik har fått rucka lite på sig, eller i värsta fall blivit nekad kapacitet). Det tågläge som önskar ”avropa” (nyttja) kapacitetsreservationen måste, i sin helhet den gångdagen, ha en nytto-värdering som överstiger det satta gränsvärdet vilket baseras på de kostnader som annan trafik har fått ta för att möjliggöra kapacitetsreservationen. Om det i korttidsplaneringen sökta tågläget inte gör det får det sökta tågläget inte nyttja den

[22] Egentligen skulle vägen kunna vara en variabel, men vi tror att för enkelhets skull så är vägen given i en första implementation av reservkapacitet.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

reserverade kapaciteten (hur reservationen än är gjord eller representerad). Mer om resonemangen finns dels i tidigare underlagsrapporter[23,24]. Ett förslag till kalkyl för nyttovärdering finns i stycke 2.3.2.

2.3.2 Värderingskalkyl: Prioriteringskategorierna

För att få nyttja reservkapacitet räcker inte enbart köprincipen som princip för tilldelning under korttidsprocessen. Reservkapacitet introduceras där det är ont om kapacitet, trängsel, och beror på att det vid analys framkommit att det finns behov att reservera kapacitet för framtida behov under den årliga tilldelningsprocessen. Årligt tilldelad kapacitet har (sannolikt) fått ta ”kostnader” i termer av förskjutning, fördröjning eller till och med blivit struken till förmån för kapacitetsreservationen. Denna kapacitet som reserverats kan inte bara släppas fri omgående då tågplanen fastställts och korttidsprocessen startar. Då skulle troligtvis kapaciteten sökas omgående av de som fått stå tillbaka under den årliga processen på ett eller annat sätt. Kravet blir att någon form av mekanism måste finnas för att säkerställa nyttan av tilldelad reservkapacitet blir (minst) lika stor som kostnaden för att göra plats för reservationen var vid reserveringen i den årliga tilldelningen. Denna värdering måste följa reservkapaciteten genom de olika processtegen för att vid tilldelning avgöra om ett tågläge som önskar avropa reservkapacitet är kvalificerat nog att få nyttja reserv-kapaciteten.

Projektet föreslår att som första värderingskalkyl använda prioriteringskategorierna som redan finns definierade i Järnvägsnätsbeskrivningen[25]. Detta av flera skäl:

- Dels är de definierade på ett sådant sätt att aktörerna förstår dem. De är också vana att hantera dem då de funnits under ett antal år i samband med den årliga ansökan.
- Dels är de samma som används vid tvistlösning i tilldelningsprocessen, vilket betyder att det blir enhetligt genom processen (något som efterfrågas av aktörerna), samma kalkyl gäller genomgående under processen
- Dels är de grundade i ASEK, vilket är det bästa samhällsekonomiska kalkylverk som finns för närvarande. Även om prioriteringskategorierna inte i sig implementerar en vetenskapligt ”sann” samhällsekonomisk värdering (de bygger på självdeklaration från marknadens aktörer samt schabloniserade klasser för tåg) så är de en god approximation och är någorlunda enkel att hantera.
- Dels värderar prioriteringskategorierna *planens* värde, och inte en prioritet mellan två tåglägen i konflikt. Detta gör den lämplig att värdera reservkapacitetens gränsvärde gentemot omgivande trafiks värde (det värde vid vilket den årliga tågplanen får göra plats för reservkapaciteten)
- Samtliga årligt sökta tåglägen måste deklareras att ingå i en prioritetskategori. Det betyder att det redan finns ett underlag för värdering. För de sökande i korttidsplaneringen betyder detta enbart en skillnad gentemot nuvarande process om

[23] Aronsson, M. (2019). Reservkapacitet i tågplaneprocessen : Förstudie. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:trafikverket:diva-5552

[24] Aronsson, M. (2020). RIT– Reservkapacitet i tilldelningsprocessen : Underlagsrapport 1. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-50134

[25] Trafikverket (2023). Järnvägsnätsbeskrivningen. Hämtad från https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/jarnvag/jarnvagsnatsbeskrivningen-jnb/jarnvagsnatsbeskrivning-2022/

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

de vill avropa reservkapacitet. De måste då ange en prioritetskategori på samma sätt som vid den årliga ansökan (vilket inte behövs i nuvarande process eftersom köprincipen gäller för restkapacitet). Mängden uppgifter som måste anges ökar således endast litet och enbart för de sökande som önskar avropa reservkapacitet som en del av en ansökning i korttidsplaneringen, dessutom på ett format som redan är känt för aktörerna.

Till nackdelarna hör att korttidsplanerarna på Trafikverket idag inte behärskar prioritetskategorierna då dessa enbart används i den årliga processen. Korttids-planerarna måste således utbildas i hanteringen av prioritetskategorierna.

Prioriteringskategorierna består av dels en värdering av tåglägen, dels en värdering av associationer dvs. relationer mellan tåglägen (kan vara t.ex. produktionstekniska såsom fordonsomlopp, resandeströmmar vid byten och s.k. ”block swaps” vid godstrafik). De senare är viktiga i samband med den årliga ansökan då hela trafiknät söks men spelar mindre roll vid värdering av reservkapacitet (som ju utgör plats i tågplanen för framtida trafik, inte relationen mellan objekt i tågplanen).

Tabell 1 visar de grundläggande schablonerna för värdering av ett tågläge: den klassificering som finns (kolumn A), den totala gångtid som tågläget tar på sig (B), den distans som tågläget tillryggalägger (C), samt förskjutning i förhållande till en önskad avgångstid (ankomsttid) vid en förankringspunkt, oftast utgångsstationen (D). Tåglägets klassificering avgörs av ett antal andra tabeller, för detaljer se Järnvägsnätsbeskrivningen[26].

[26] Trafikverket. Järnvägsnätsbeskrivningen (2022), https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/jarnvag/jarnvagsnatsbeskrivningen-jnb/jarnvagsnatsbeskrivning-2022/

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

Tabell 1 Prioriteringskategorierna och respektive kategoris parametrar, från bilaga 4 B Järnvägsnätsbeskrivningen (2019)

Prioriteringskategori	Kostnadsparametrar för nedanstående effekter räknat per tåg				Parametrar för exkludering av tågläge		
	Transporttid	Transportavstånd	Förskjutningstid	Exkluderat tågläge	Nyttogräns för tågläge	Korr-faktor bastid	Gångtidsmall
Kod	Kr/min	Kr/km	Kr/min	Kr/km			Kod
A	**B**	**C**	**D**	**I**	**J**	**K**	**L**
GS	269	61	166	-	15 %	2 %	GB201211
GT	233	60	140	-	25 %	2 %	GR401410
GN	153	65	80	-	35 %	2 %	GR401409
GR	204	59	118	-	35 %	2 %	GB200710
GF	81	58	26	-	45 %	2 %	GR401410
GO	61	43	20	-	50 %	2 %	60 km/tim
SP	1 238	104	841	-	15 %	20 %	PX600616
RP	795	104	509	-	15 %	15 %	PX600616
RX	546	86	228	-	15 %	15 %	PX410020
RS	261	30	141	-	20 %	12 %	PX610016
RL	184	32	103	-	30 %	12 %	PX510018
RI	51	24	11	-	40 %	12 %	PY310014
FX	816	71	459	-	20 %	6 %	PX2-2000
FS	524	46	312	-	25 %	8 %	PR600616
FL	275	42	134	-	35 %	8 %	PR600416
FI	87	17	33	-	45 %	8 %	PX620018
PO	38	12	8	-	50 %	8 %	PR600616
TT	71	38	0	-	100 %	0 %	PR600616
EL	43	27	0	-	100 %	0 %	ellok120

Beräkningen går så till att tåglägets egenskaper multipliceras med de tre faktorerna och resultaten från dessa tre termer summeras för att få den s.k. generaliserade kostnaden[27] för tågläget. I den årliga tilldelningen, där ett tågläge ofta har flera gångdagar, multipliceras därefter den generaliserade kostnaden för ett tågläge med antalet gångdagar i tågplanen.

För beräkning av ett tågläge som söks i korttidsprocessen med avrop av reservkapacitet föreslås dock att gränsvärdet skall vara för en gångdag, för att kunna jämföras med det korttidssökta tågläget vare sig tågläget gäller för flera dagar eller en gångdag. Eftersom kapacitetsreservationen gäller per dag (kan bokas per dag) är det rimligt att jämförelsen, för varje bokad kapacitetreservation, görs för den dag som avrop/bokning av reservationen är aktuell. Skall flera dagar avropas sker detta ändå med individuellt avropande av varje kapacitetsreservation varje gångdag.

Reservkapacitet tilldelas liksom restkapacitet enligt kö-principen vilket gör att jämförelsen enbart görs för att motivera att avropet är korrekt, inte att kalkylera värdet av planförslaget (tågplanen) som helhet dvs. övrig trafik runtom det sökta tågläget är redan fastställd[28]. Planens värde är redan beräknad under den årliga tilldelningen, med

[27] Se ”RIT – Reservkapacitet i tilldelningsprocessen: Underlagsrapport 2” för mer ingående beskrivning av hur beräkningarna går till

[28] I ett mer marknadsorienterat koncept skulle man kunna tänka sig att delvis frångå kö-principen för en värdering också av mängden gångdagar i en ansökan. Det kan fördelaktigare samhällsekonomiskt att tilldela reservkapacitet till en ansökan med många gångdagar ¨n till den med ett fåtal (och som därmed

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

(gräns)värdet för reservkapacitet ingående i den. Värderingen är dock viktig för tilltron för att tilldelningen sker enligt reglerna som satts upp (att enbart tillräckligt värdefull trafik skall få tilldelas reservkapacitet), är transparent och konkurrensneutral.

2.3.3 Omfattning

Kapacitetsreservationer läggs enbart in i *reservkapacitetsområden*. Ett reservkapacitetsområde är delar av infrastrukturen som har analyserats och identifierats som varande i behov att behöva reservkapacitet. Omfattningen av den avsatta reservkapaciteten skall var anpassad så tågplanen varje dag levererar mesta nytta. Detta tolkas oftast som att tågplanen skall leverera största samhällsekonomisk nytta vid genomförandet och i det här sammanhanget avpassa reservkapaciteten så att nyttan ökar då reservkapacitet finns i tågplanen än om reservkapacitet inte hade funnits.

Där det inte förutsägs råda trängsel finns tillräckligt med restkapacitet och då är denna tillräcklig, således skall reservkapacitet inte avsättas där. Det är först då trängsel uppstår som behovet av reservkapacitet finns.

Således behöver dels de geografiska och tidsmässiga områdena identifieras i *reservkapacitetsområden*, dels omfattningen av reservkapacitet inom dessa områden räknas ut och motiveras. Detta skall göras innan ansökan om kapacitet, således måste underlaget för detta avgörande tas från erfarenheter och analyser av tidigare års genomförda tågplaner, dels genom samverkan med de sökande.

I projektets förslag till process, beskriven i stycke 2.6, sker denna analys som det första processteget. Det är önskvärt att arbetet med att ta fram reservkapacitetsområden sker i samklang med den årliga analysen av föregående års tågplan och dess kapacitetsutnyttjande (de s.k. kapacitetskartorna[29]). Vidare hör reservkapacitet nära ihop med arbetet att ta fram olika planer för trångsektorer som görs i förebyggande syfte på Trafikverket[30] och bör samordnas med dessa.

Då den geografiska begränsningen gjorts och eventuellt tidsramar definierats skall omfattningen analyseras. Det kan ske på flera sätt, alltifrån enkla uträkningar till avancerade beräkningar. Målet är att de kapacitetsreservationer som beslutas skall leda till en samhällsekonomiskt effektiv tågplan, helst den mest effektiva. Under projektets gång har flera alternativa och/eller samspelande metoder undersökts och beskrivits i underlagsrapport[31]. I stycke 2.4.1 ges ytterligare exempel på analyser för att söka hitta mönster möjliga att identifiera reservkapacitet från genomförda tågplaner. En exempelmetod för att identifiera reservkapacitet ges i Bilaga 1.

2.3.3.1 Svårigheterna att identifiera omfattningen

Vi har försökt flera alternativa sätt att någorlunda säkert identifiera behovet av reservkapacitet. Dessa kan delas upp i dels statistisk analys av tidigare tågplaner, dels

[29] https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/jarnvag/Kapacitet/

[30] Dessa har genom åren haft lite olika namn, såsom ”Trångsektorsplaner”, ”kapacitetsplaner” m.fl. benämningar. Syftet för dessa har varit att förbereda hantering av prognosticerad trängsel t.ex. beroende på större infrastrukturarbeten

[31] Aronsson, M., & Kjellin, M. (2022). RIT – Reservkapacitet i tilldelningsprocessen : Underlagsrapport 2. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-59299

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

enklare maskininlärningstekniker samt intervjuer av representanter ur referensgruppen. Vi har inte funnit en träffsäker metod för att med tillräcklig säkerhet kunna förutspå behovet av reservkapacitet för framtida ansökningar av trafik. Till del beror detta på svårigheter att ur tillgängliga data spåra bakomliggande skäl för att tåglägen söks men också på att behovet av reservkapacitet är genuint svårförutsägbart.

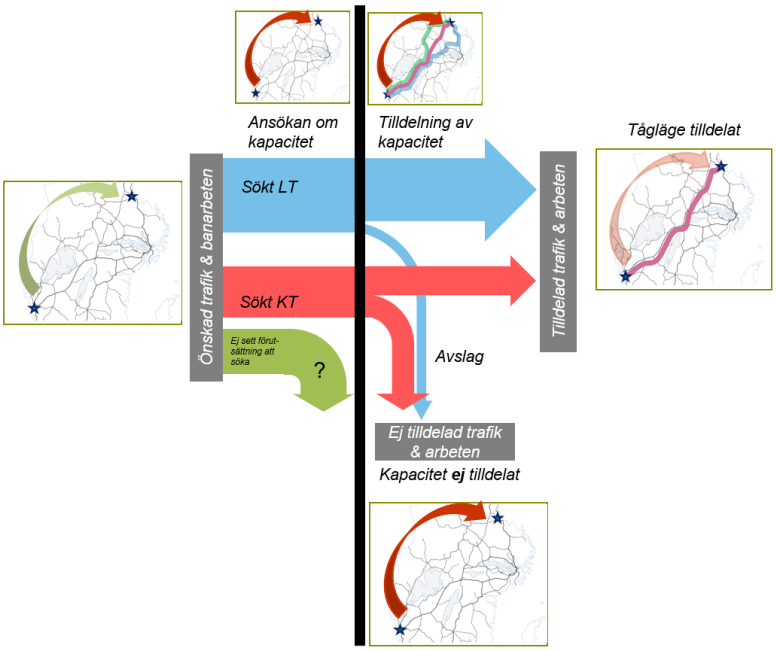
Aktörerna själva bedömer att de har svårt att förutse det framtida behovet. Undantag finns visserligen, t.ex. rundvirkestransporter där omfattningen kan förutses men där deras ankomster till sågverk och massaindustri varierar med varifrån virket hämtas (även om aktörerna försöker få industrin att anpassa tåglägenas ankomster till ett mönster som järnvägsföretaget vet fungerar i tågplanen) och tjänstetågskörning av resandetåg mellan Hagalund och Stockholms central (vilka beror av servicebehov, förseningar med mera).

Tillkommande trafik genom nya avtal kan förutses, men dessa söks också ofta redan i den årsvisa tilldelningen baserat dels på tidigare kontrakt, dels på pågående förhandlingar. Det rör ofta större volymer om det handlar om hela tåg. Vagnslastsystemet anpassas löpande efter förändringar i kontrakt och inom ramen för de volymer som avropas inom befintliga kontrakt. Svårigheten med att prognosticera dessa förändringar kan illustreras med finanskrisen 2008–2009. När de sökande ansöker om tåglägen inför T09 (dvs när de lämnar sina ansökningar i april 2008) är det högkonjunktur och framför allt godstågsbolagen söker för ett högkonjunktursläge. T09 fastställs med en trafik som är anpassad för högkonjuktur, men när den fastställs har marknaden rasat i och med investmentbanken Lehman Brothers konkurs den 15 september 2008. Det första som hände då korttidsprocessen startade i T09 är att godstågsbolagen ställer in mycket av trafiken och söker en avsevärt bantad trafik, anpassad för ett annat konjunkturläge. Noteras skall att om det funnits reservkapacitet såsom beskrivet i denna rapport hade denna varit felkalibrerad den också (dvs för högkonjunktur och inte lågkonjunktur) men att den också möjligen hade kunnat underlätta genom att kapacitet hade funnits avsatt till korttidsansökningar.

Ett ytterligare påpekande är att TTR kan ha möjlighet att bättre adressera sådana snabba förlopp (vilka blir allt vanligare då informationssamhället skapar snabbare förlopp) med segmentering av kapaciteten i förhållande till de behov olika transportslag har. Godstrafikens är beroende av t.ex. konjunkturläget och segmentet Rolling Planning, med en kontinuerlig tilldelning av kapacitet istället för årsvis ”stötvis” tilldelning ger mycket större möjligheter att kontinuerligt anpassa det segmentets trafik till situationen. Tillsammans med successiv planering kan TTR leda till avsevärt ökad dynamik, följsamhet och flexibilitet i förhållande till de olika transportslag som använder järnväg.

Betrakta Figur 1. Flödet av tåglägen som söks illustreras av pilarna. Järnvägsföretagen har en bild av vilken trafik de vill köra till vänster i bild. Beroende på när under kapacitetstilldelningsprocessen kommer dessa tåglägen att antingen sökas i långtidsprocessen (blå pil), korttidsprocessen (röd pil) eller inte alls (grön pil). Alternativ finns, dvs blå och röd pil är sannolikt inte det bästa tågläget utifrån den tänkta affären, utan anpassat till vad man tror man kan få, således omvandlas en del som är ”grönt” till ”blått” eller ”rött”. De tåglägen som passerar den kraftiga svarta linjen är det som infrastrukturägaren blir varse är sökt.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en



Figur 1 Schematisk bild över järnvägsföretagens önskemål om transporter omvandlas till tåglägen i långtidsprocessen, korttidsprocessen samt inte söks då förutsättningarna anses vara för dåliga

Redan här är den önskade ”bästa” placeringen av tåglägesegenskaperna förändrade, och det är svårt att veta vad det egentliga önskemålet är. Men det är framför allt det som aldrig kommer längre än till den gröna pilen som är svårt för infrastrukturägaren att ta höjd för, och framför allt de tåglägen som skulle sökas i korttidsplaneringen men som aldrig söks eftersom det redan är ”fullt” på infrastrukturen. Detta blir aldrig synligt som önskemål i processen, och kan således inte analyseras fram. Detta dolda behov kan möjligen komma fram i samverkan med aktörerna. Men dessa vidstår att det är svårt även för dem att i förväg *prognosticera* detta behov.

Det är alltid en risk att förutsäga framtiden och hur denna ser ut. På en konkurrensutsatt marknad görs detta av aktörerna, och den som avläser detta bäst avgår med störst vinst. En myndighet bedriver inte på samma sätt en affärsverksamhet, och det är därför oklart hur risken med att reservera kapacitet där det redan råder trängsel skall värderas. Myndigheten själv står ju inte för risken att förlora reella intäkter, däremot kan den skapa eller ta bort kommersiella möjligheter för de som bedriver trafiken. Myndigheten avgör däremot den samhällsekonomisk nyttan beroende på hur väl kapaciteten fördelas. Detta gör att myndigheten behöver agera transparent, med stor visshet och planen behöver bli ”rätt”.

Vi har inte identifierat metoder för att på ett precist sätt förutsäga det ännu inte manifesterade behovet av kapacitet i tilldelningsprocessen. Det säger inte att det kanske finns en sådan metod. I generella termer går det dock att identifiera, t.ex. åtta tåglägen per dygn på Södra stambanan mellan Lund och Arlöv. Var dessa skall finnas är svårare att identifiera, se exempel i Bilaga 1. Detta utgör det största invändningen mot att introducera reservkapacitet, att det är svårt att förutsäga mer precist *när* den skall förläggas i tid.

Å andra sidan så är det heller inte bra att samhällsnyttig och viktig trafik som aktörer identifierar och söker under innevarande tågplan inte kan verkställas, kanske på grund

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

av tidiga val i processen då detta nya behov inte var känt. Eftersom ledtiderna är långa i nuvarande kapacitetstilldelningsprocess hinner mycket förändras innan tågen går en specifik gångdag. Mycket av den dagens tågplan är baserad på ”gammal” information som kanske inte längre är korrekt. Det behövs (nya) metoder för att löpande anpassa tågplanen på ett enkelt och smidigt sätt till förändrade förhållanden. Lagens beskrivning av reservkapacitet är ett sätt för lagstiftaren att åstadkomma en möjlighet till framtida anpassning av tågplanen till nya behov. Men med dagens utvecklade systemstöd bör egentligen bättre metoder och principer kunna tas fram än att reservera tåglägesliknande objekt. Beroende på hur TTRs segment Rolling Planning implementeras kan detta komma att skapa bättre följsamhet till förändring, och därmed ersätta begreppet reservkapacitet. Om incitamenten görs rätt i Rolling Planning, kan hanteringen av riskerna förknippade med tilldelningen av kapacitet göras till en marknadsmässig risk som tas av aktörerna snarare än att infrastruktur-förvaltaren skall bestämma hur mycket kapacitet som avsätts till reservkapacitet. Detta öppnar för att det är marknaden som tar risken och belöningen går till den som förutspår marknaden bäst, något som per definition är samhällsekonomiskt effektivt. Förutsättningen är dock att kapacitet kan sökas och bokas enkelt liksom att det blir bindande att ställa in och avboka kapacitet som inte används, så att andra kan nyttja den.

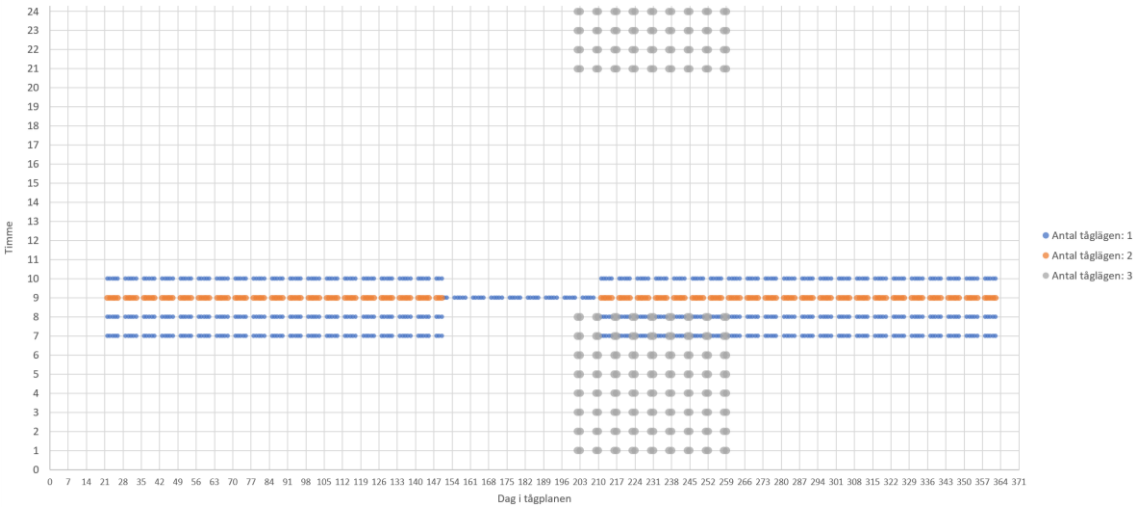
2.3.4 Transparens

Det är viktigt att kapacitetstilldelningsprocessen karakteriseras av öppenhet och transparens. Skälen till beslut skall baseras på ett i förväg publicerat reglemente. Detta gäller även för reservkapacitet.

De parter som ingått i referensgruppen har känt sig mer bekväma med att reservkapacitet presenteras på lämpligt sätt innan processteget Ansökan om kapacitet inträffar vid X-8,5. Det forum som då ter sig lämpligast att redovisa i förväg avsatt reservkapacitet är Järnvägsnätsbeskrivningen.

För att visualisera hur många kapacitetsreservationer som har avsatts behövs någon form av pedagogisk presentation i det forum där tillgänglig reservkapacitet presenteras. En möjlig sådan representation och presentation ses i Figur 2.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en



Figur 2 Illustration av antal kapacitetsreservationer avsatta under en tågplan, baserad på intervjuer och analyser gjorda av infrastrukturägaren.

I exemplet ses dels årstidsvariation (1 respektive 2 kapacitetsreservationer avsatta under morgontimmarna, med ändring under sommaren), dels kapacitetsreservationer för framtida behov i t.ex. revisionsplaneringen för ett banarbete, möjligen på annan plats än just denna linjedel (för arbetsfordon eller för omledning av trafik), dels skillnaden på veckodagar (de grå med tre kapacitetsreservationer är lördag och söndag, övriga är måndag till fredag).

Detta presenterar för marknadens aktörer ett planerat eller prognosticerat behov av framtida tåglägen som nyttjar dessa kapacitetsreservationer:

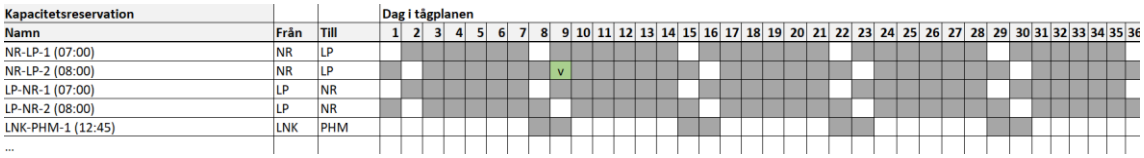
- för den som är beroende av att söka tåglägen under innevarande tågplaneperiod (även t.ex. tjänstetåg Stockholms central till Hagalund eller Sävenäs till Skandiahamnen)
- för planering av årsvis ansökta tåglägen där perioden med tre kapacitetsreservationer i Figur 2 visar på att denna del av infrastrukturen kommer vara belastad med ytterligare trafik under den perioden

Kapacitetsreservationerna kan även presenteras mer detaljerat vid behov och om det är känt i förväg. T.ex. bör prestandauppgifter presenteras tidigt så att det framgår vilken typ av trafik som kan tänkas söka på dessa kapacitetsreservationer under innevarande tågplan. Rekommendationen är att göra dessa kapacitetsreservationer så allmänt tillgängliga som möjligt så de passar så många framtida sökande som möjligt, se stycke 2.3.3.1. Denna presentation av prestanda med mera kan göras som en kompletterande tabell med egenskaper, där även varje kapacitetsreservation behöver namnges. Detta för att den skall kunna hanteras och avropas i senare skeden, under bokning/avrop under planering samt referens under genomförande samt inför nästa års uppföljning, se stycke 2.4.2.

Under tågplanens genomförande behövs ett enklare bokningssystem för att hålla ordning på vilka kapacitetsreservationer som har nyttjats och vilka som finns kvar. Ett sådant system kan realiseras som en tabell där raderna utgör namngivna kapacitetsreservationer (samma som angavs i tabellverket i Järnvägsnäts-beskrivningen, enligt tidigare stycke) och kolumnerna visar de dagar som denna kapacitetsreservation finns inlagd, ett enklare exempel på detta ges i Figur 3. Att boka/nyttja en kapacitetsreservation består då i att ”bocka av” denna reservation för

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

den dag eller de dagar som nyttjas. Bokningssystemet måste vara globalt dvs. åtkomligt för samtliga som jobbar med planering i korttidsprocessen. Av transparens-skäl bör bokningssystemet, eller dess status, även vara publicerat för aktörerna så att kännedom finns om vilka kapacitetsreservationer som finns tillgängliga samt vilket gränsvärde som skall överträffas för att avrop skall vara giltigt och kunna ske.



Figur 3: Exempel på enkelt bokningssystem för kapacitetsreservationer, där en är bokad markerad med grön ruta och grå rutor visar då reservationen inte finns tillgänglig

I Skåneregionen har för T22 en liknande process för s.k. ”ersättningslägen” tagits fram[32]. Dessa implementeras i Trainplan som fastställda tåglägen med en gångdag och i övrigt inställda. Tågläget kan återanordnas då behov uppstår. Ett kalkylark[33] sammanställer de tillgängliga ersättningslägena. Dessa lägen är dock tåglägen, med tilldelad kapacitet till en aktör och inte ”fri” kapacitet att avropas, de har en specifik gångtidsmall etc.

2.4 Sätt att identifiera reservkapacitetsbehovet

För att kunna avsätta en lämplig mängd reservkapacitet är det nödvändigt att kunna göra en bra prognos för antalet korttidsansökta tåg i kommande tågplan. Vi har i projektet försökt hitta sätt att skapa sådana prognoser, baserat på mönster i tidigare tågplaner. Detta har dock visat sig svårt, bland annat därför att den korttidsansökta trafik som går att utläsa från tidigare tågplaner troligen är kraftigt påverkad av banarbeten och andra händelser som är unika för den enskilda tågplanen. Dessutom är den tillkommande trafiken relativt sett ganska liten (men kan vara viktig). I avsnitt 2.4.1 sammanfattas tidigare redovisade resultat på detta område, och dessutom beskrivs resultaten av några ytterligare försök att hitta mönster i trafiken genom så kallad klusteranalys. I avsnitt 2.4.2 beskrivs ett annat sätt att skapa prognoser för reservkapacitetsbehovet, nämligen att göra marknadsundersökningar liknande den typ som görs av godskorridoren ScanMed RFC.

2.4.1 Reservkapacitet baserad på tidigare tågplaner

I underlagsrapport 2[34] redovisades försök att med maskininlärningsmetoder förutsäga hur många korttidsansökta tåg som kommer att beviljas och köras på 14 järnvägssträckor med högt kapacitetsutnyttjande, under olika delar av olika dygn under året. Maskininlärningsmodellen tränades på data från två års tågplaner, och användes sedan för att göra förutsägelser för ett tredje år. Dessutom beskrevs en tänkt metod för att utifrån de ofullständiga uppgifter om *avslagna* korttidsansökningar som finns tillgängliga skapa ett underlag för motsvarande förutsägelser av sådana ansökningar.

[32] Trafikverket, PM “Förplanerade ersättningslägen T22”, erhållet 2022-08-24.
[33] Kalkylark ”Sammanställning E-lägen T22.xlsx”
[34] Aronsson, M., & Kjellin, M. (2022). RIT – Reservkapacitet i tilldelningsprocessen : Underlagsrapport 2. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-59299

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

Testerna av modellen för beviljade ansökningar visade tyvärr att modellens förutsägelser inte är särskilt träffsäkra. Dock visade det sig att samma typ av modell var bättre på att förutsäga totala antalet godståg i en tågplan baserat på tidigare års tågplan. Detta skulle kunna vara ett tecken på att modelltypen har en viss förmåga att förutsäga mönster i antal tåg och att det kanske helt enkelt är så att det inte finns tillräckligt tydliga återkommande mönster för de korttidsansökta tågen. Denna brist på tydliga mönster kan delvis bero på att vi inte har ett tillräckligt bra underlag för att kunna skilja ut ansökningar som beror på banarbeten och andra händelser som är unika för enskilda tågplaner.

Förutsägelserna skulle alltså behöva bli mer träffsäkra, och dessutom skulle de behöva innehålla färdväg, tidsangivelser och prestanda för de enskilda tåglägena och inte bara antalet tåg under en viss period. Detta beror på att fortsättningen av den tänkta reservkapacitetsprocessen bygger på att tidsfönster kan anges kring de prognosticerade tågen – tidsfönster vilkas storlek beror på tågens egenskaper. Detta beskrivs utförligt i underlagsrapport 2.

En annan slutsats av försöken var att resultaten troligen skulle kunna förbättras genom klusteranalys, det vill säga metoder som för samman objekt (i detta fall tåglägen och dagar i historiska data) som liknar varandra till kluster (grupper) som inte på förhand är kända. Anledningen till denna slutsats är att de manuella indelningar av dygnet, veckan och året som användes i försöken visserligen byggde på kunskap om hur antalet tåg varierar över tid, men förmodligen missade mönster som skulle kunna upptäckas med klusteranalys. Dessutom skulle klusteranalys kunna komma till användning när en uppfattning om när kapacitetstaket kan komma att överskridas för den aktuella sträckan, baserat på prognoser för såväl långtidssökta som korttidssökta tåg och tidsfönster kring dessa. Syftet med klusteranalys är då att föra samman dagar med ett liknande mönster i det prognosticerade överskridandet av kapacitetstaket. Alla dagar i ett och samma kluster skulle sedan ges samma mönster av kapacitetsreservationer.

Vi har därför gjort försök att i historiska data för beviljade korttidsansökningar på enskilda sträckor hitta kluster av dagar som liknar varandra. Eftersom det inte finns någon självklar skala för att mäta hur lika varandra två tåglägen är, och därmed inte heller för att mäta hur lika varandra två dagars uppsättningar av tåglägen är, valde vi att inte basera klusteranalysen direkt på tåglägen (vilket är en stor skillnad gentemot försöken med maskininlärning), utan att i stället för varje undersökt dag beräkna hur kapacitetskonsumtionen varierar över dagen och att sedan använda en klustringsalgoritm för att föra samman dagar som uppvisar liknande mönster i kapacitetskonsumtionen.

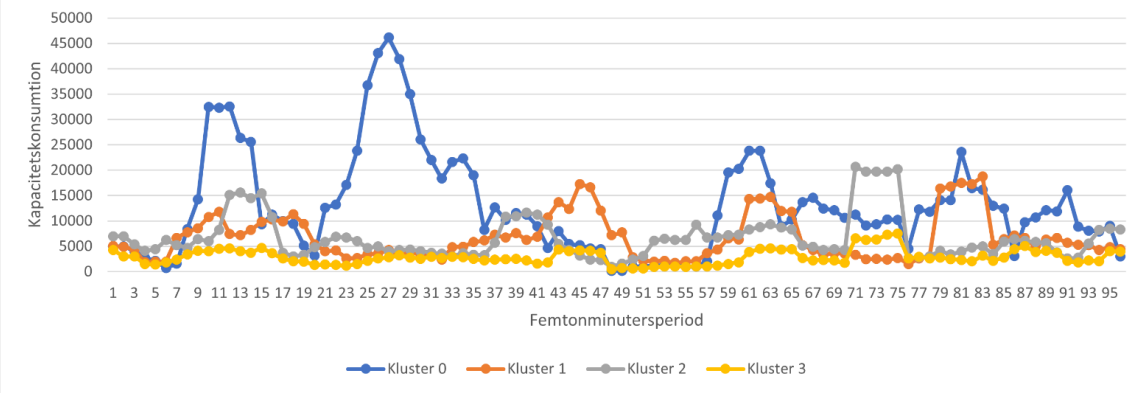
Kapacitetskonsumtionen beräknades med en variant av det kapacitetsmått som beskrivs i avsnitt 3.2. Närmare bestämt beräknades kapacitetskonsumtionen för varje beviljat korttidsansökt tåg som gångtiden (i minuter) multiplicerad med den aktuella sträckans längd (i meter), varefter den beräknade kapacitetskonsumtionen fördelades lika över ett tidsfönster om 75 minuter. Här gjordes alltså förenklingen att låta tidsfönstrets storlek vara oberoende av tåglägets egenskaper. Varje dygn hade delats in i 96 femtonminutersperioder, och tidsfönstret bestod därför av den femtonminuters-period under vilken tåget avgick från den första tidtabellpunkten på sträckan samt de två närmaste föregående och de två närmast efterföljande perioderna. Slutligen

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

summerades för varje femtonminutersperiod alla tågs bidrag till den totala kapacitetskonsumtionen under perioden.

Klustringsalgoritmen som använts är *k*-means (implementerad i Pythonbiblioteket *scikit-learn*[35]) och bildar *k* kluster som minimerar summan av det kvadrerade avståndet mellan varje observation (här: varje dags mönster för kapacitets-konsumtionen) och medelpunkten för de observationer som ingår i samma kluster. I detta fall kommer alltså medelpunkten för varje kluster att ange den genomsnittliga kapacitetskonsumtionen för varje femtonminutersperiod under dygnet, för de dagar som ingår i klustret. Om man kan avgöra vilka egenskaper (utöver liknande mönster för kapacitetskonsumtionen) som utmärker dagarna i ett kluster, kan medelpunkten vara en rimlig prognos för kapacitetskonsumtionen under andra dygn med liknande egenskaper. Med tillgång till uppgifter om ett tillräckligt stort antal dygn med olika egenskaper och kapacitetskonsumtionsmönster är det möjligt att kunna träna upp en maskininlärningsmodell att göra förutsägelser av mönster för framtida dygn, på liknande sätt som vi i underlagsrapport 2 gjorde för att förutsäga antalet tåg.

I Figur 4 visas resultatet av att bilda fyra kluster av dagar (antalet kluster bestäms innan algoritmen körs) för sträckan Karsjö–Simeå på Norra stambanan under perioden 1 januari 2017–8 december 2018, det vill säga under större delen av T17 och hela T18. Varje kurva visar, för ett av klustren, den genomsnittliga kapacitetskonsumtionen för beviljade korttidsansökta tåg för varje femtonminutersperiod under dygnet. Kluster 0 (blå kurva) sticker ut genom att ha flera höga toppar i kapacitetskonsumtionen, medan kluster 3 (gul kurva) har en jämförelsevis låg och jämn kapacitetskonsumtion över dygnet. De båda andra klustren ligger mellan dessa båda ytterligheter genom att ha några halvhöga toppar.



Figur 4 Beviljade korttidsansökningars kapacitetskonsumtion över dygnet för fyra kluster av dagar, på sträckan Karsjö–Simeå under 2017 och 2018

Ytterligare ett exempel där denna metod använts finns i Bilaga 1.2 för sträckan Lund-Arlöv och T20.

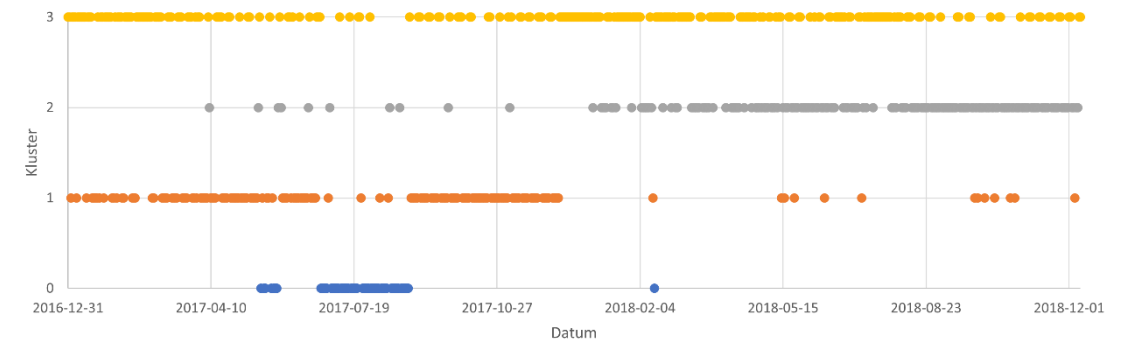
Eftersom de klustringsförsök som vi har gjort är begränsade, vad gäller både antalet järnvägssträckor och variation av parametervärden (till exempel antalet kluster), bör man vara försiktig med att dra slutsatser av resultaten. Med det sagt förefaller det som

[35] Se https://scikit-learn.org/stable/ samt https://scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html#k-means, åtkommen 2022-10-24

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

att rimliga mönster ofta uppträder. Till exempel är det inte ovanligt att lördag och söndag (och ibland måndag eller fredag) i en vecka förs till ett annat kluster än övriga dagar, vilket är förväntat med tanke på att trafikmönstren skiljer sig åt mellan helg och vardagar. Ett annat exempel är att kluster 0 för Karsjö–Simeå (med stor kapacitetskonsumtion för beviljade korttidsansökningar) främst uppträder under några veckor då ett banarbete pågick samt under några veckor mitt i sommaren, då det förefaller sannolikt att det har skett större anpassningar av trafiken. Ytterligare mönster framträder i Figur 5, där varje dags klustertillhörighet markeras med en punkt. Det framgår där att kluster 1 är mycket vanligare före tågplaneskiftet i december 2017, medan kluster 2 är mycket vanligare efter skiftet. Detta skulle kunna bero på att vissa korttidsansökningar omfattar många dagar och därmed kan prägla en tågplan.

Att olika tågplaner utmärks av olika kluster gör givetvis uppgiften att göra förutsägelser av framtiden svårare – om det inte är så att klustren i själva verket är så lika att de skulle kunna slås samman. Det visar sig också att kluster 3, med låg och jämn kapacitetskonsumtion, omfattar flest dagar och är ofta förekommande både före och efter tågplaneskiftet. Detta indikerar att dagar med en måttlig mängd (beviljade) korttidsansökningar är vanliga, vilket förefaller rimligt.



Figur 5 Dagarnas tillhörighet till kluster, på sträckan Karsjö–Simeå under 2017 och 2018

Det verkar alltså finnas förutsättningar att genom klusteranalys hitta generella mönster i historiska data som skulle kunna komma till användning i reservkapacitetsprocessen. Det återstår dock att undersöka om sådana analyser kan bidra till tillräckligt träffsäkra förutsägelser i termer av kapacitetsreservationer och om den tänkta processen ska följas är det också nödvändigt att hitta ett sätt att inkludera egenskaper hos tåglägena i förutsägelserna (se exempel på identifiering i Bilaga 1.1). Dessutom behöver det undersökas närmare vilket antal kluster som är lämpligt att arbeta med under olika förutsättningar och hur lätt det är att hitta vilka egenskaper det är som utmärker dagarna i ett kluster.

Metoden att sträcka ut varje tågs kapacitetskonsumtion över en längre tid bör underlätta klusteranalysen genom att den gör jämnar ut kapacitetskonsumtionen och gör dagar mer lika varandra, så att det blir mer troligt att klustringsalgoritmen kommer att föra dagar som har ungefär samma mönster av tåg till samma kluster. Nackdelen är att då kapacitetskonsumtionen jämnats ut över tid identifiera var kapacitetsreservationen passar bäst att introduceras. Detta borde undersökas närmare liksom även vilken indelning av dygnet och storlek på tidsfönster som är lämplig. I de försök som gjorts i

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

projektet har dessa varit förhållandevis godtyckligt satta och behöver säkerligen justeras.

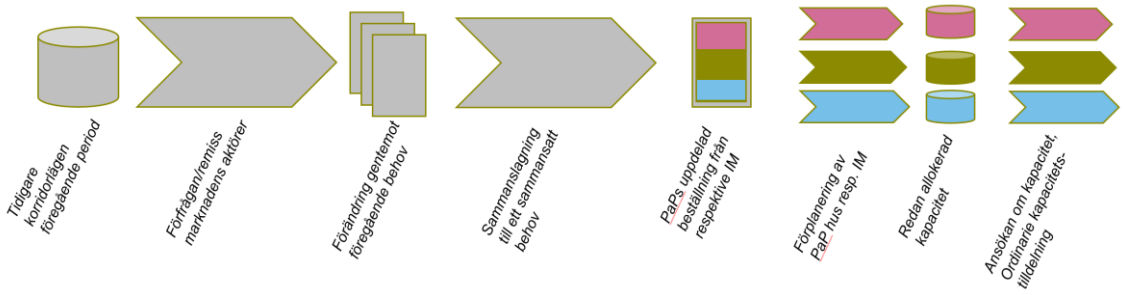
2.4.2 Marknadsundersökning baserad på godskorridorens process

Inom ramen för RNE finns ett antal internationella godstågskorridorer definierade. Dessa korridorer har bokad kapacitet i de nationella tågplanerna, och denna bokning sker innan den årliga kapacitetstilldelningen sker. Praktiskt hanteras korridoren ScanMed RFC (Scandinavian-Mediterranean Rail Freight Corridor, där Trafikverkets infrastruktur ingår) och dess bokningsbara lägen som s.k. flexible Pre-Arranged Paths, flex-PAPs. Det betyder att det finns förplanerad kapacitet i termer av ett flexibelt tågläge, som har visst svängrum för att kunna anpassas dels till sökt trafik, dels till den nationella tilldelningen. Detta för att den nationella processen som sköter tilldelningen skall säkerställa att korridorläget bibehålls.

De grundläggande behoven som reservkapacitet och korridors-kapacitet försöker lösa är olika. Där korridoren framför allt söker tillfredsställa kända (åtminstone angivna) långsiktigt stabila transporter internationellt söker reservkapacitet tillfredsställa kortsiktiga behov vars detaljer inte är kända vid ordinarie ansökanstillfälle i april året innan. Således är kännedomen om **vad** som behöver avsättas från järnvägsföretagen mindre för reservkapacitet än för korridorens tåglägen. *Processen* som ScanMed genomför varje år är dock intressant att närmare studera, medan resultatet är annorlunda:

- Där korridorens resultat är efterfrågade tåglägen över längre distans skall resultatet rörande reservkapacitet bli kapacitetsreservationer på begränsade linjer och begränsade tidsperioder.
- Där korridorens resultat i princip har en ”kund”, i alla fall en efterfrågan, till det reserverade tågläget så baseras reservkapaciteten på en mängd osäkra förutsägelser om tillkommande trafik och/eller konsekvenser av ännu ej identifierade banarbeten.

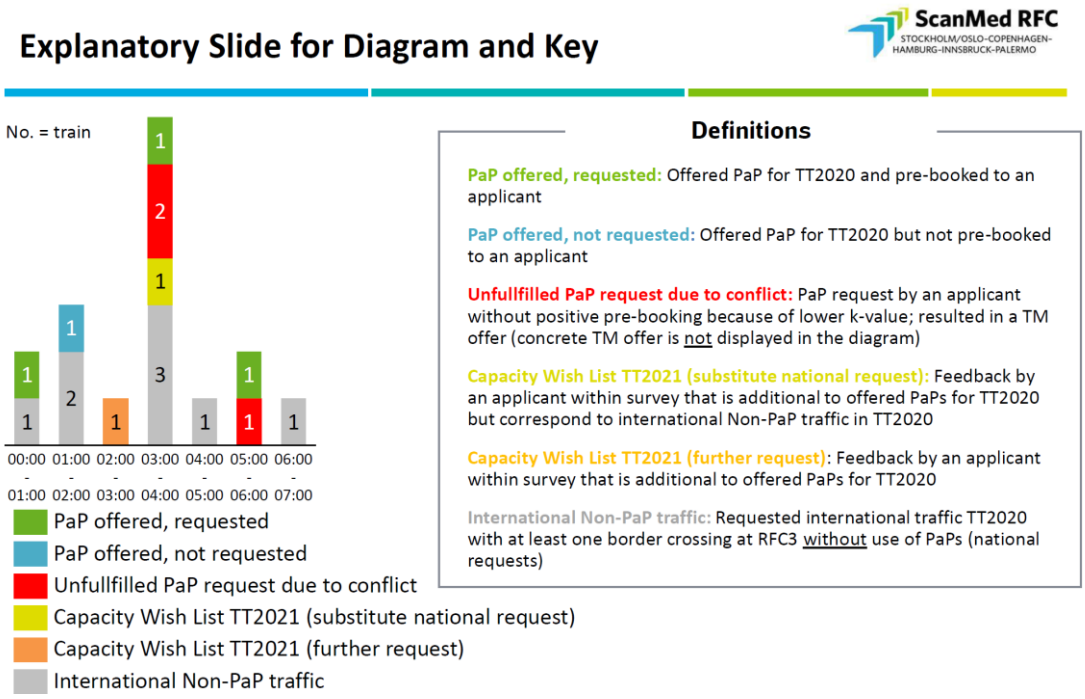
Processen för att, utgående från marknadens behov, ansöka om tåglägen från respektive infrastrukturförvaltare (IM) framgår av Figur 6. Syftet med korridoren är att säkerställa effektiva tåglägen över gränserna mellan olika IM.



Figur 6 Korridoren ScanMeds process för marknadsundersökning och beställning av förplanerade tåglägen

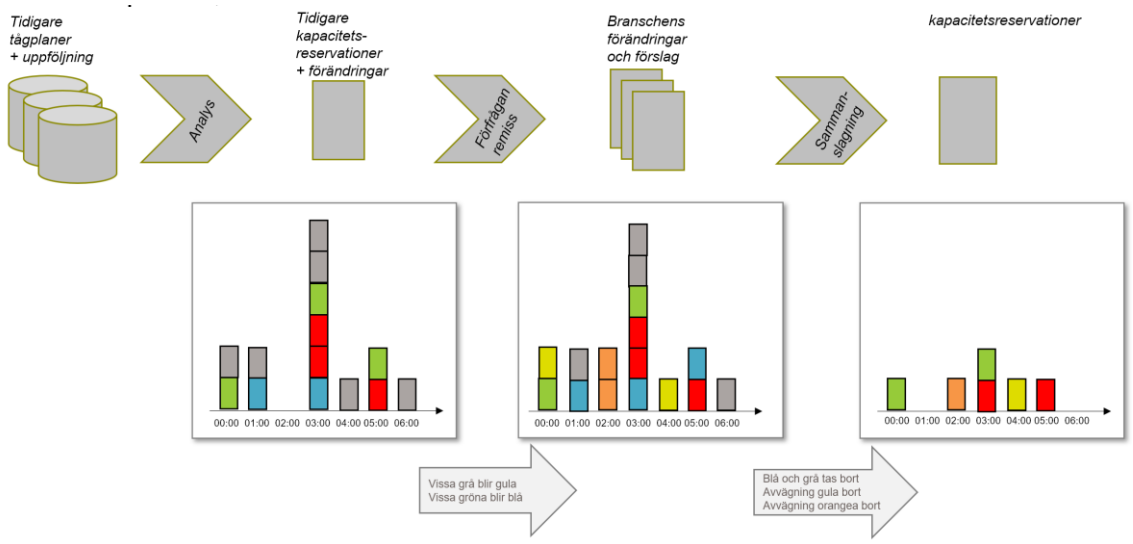
I analysen av svaren från aktörerna (sista grå processteget) fås en sammanställning av det förändrade behovet. Analysen görs enligt den klassificering som anges i Figur 7.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en



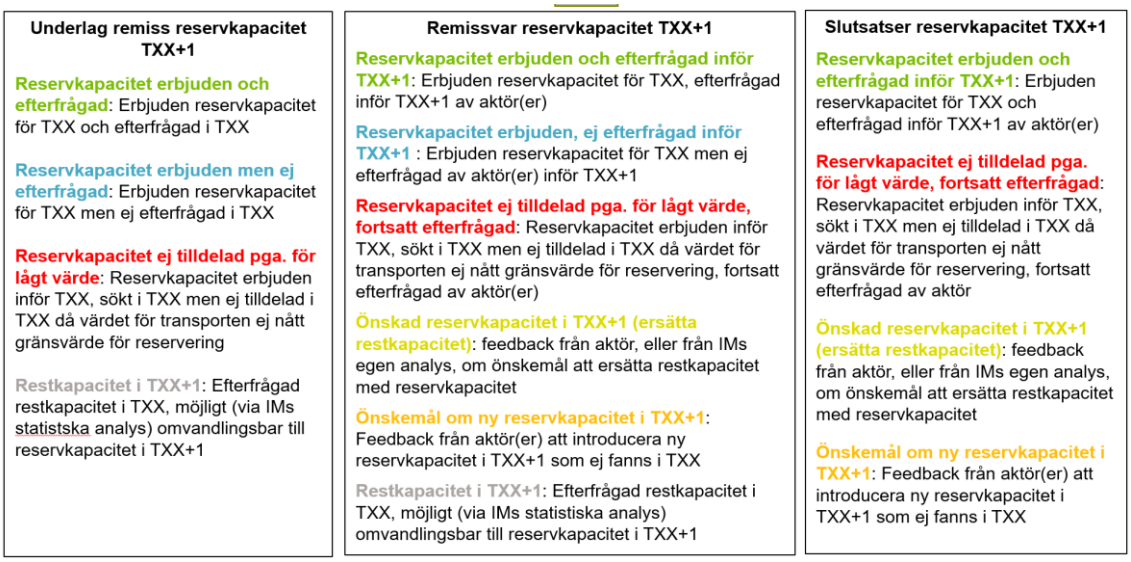
Figur 7 Klassificering av framtida behov av PaPs baserat på tidigare beställning samt svar från järnvägsbolagen om deras prognos för framtida behov av PaPs

En möjlig anpassning av klassificeringen anpassad till processen för att ta fram reservkapacitet ges i Figur 8 och Figur 9 med olika klassificering beroende på vilket processkede som dokumentationen avser.



Figur 8 Process att ta fram reservkapacitet med de olika delresultaten givna i klassificering baserad på ScanMeds klassificering

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en



Figur 9 Anpassad klassificering för de olika processtegen att ta fram underlag för reservkapacitet

Detta sätt att åskådliggöra behovet av reservkapacitet har likheter med TTRs kapacitetsmodell[36], där efterfrågan på kapacitet anges i termer av antal tåglägen per timme och tågtyp. Här anges antal tåglägen som reserveras samt motivet till dem. I slutskedet är det givetvis enbart antal och egenskaper som är relevant i reservationen av reservkapacitet och inte vad som ledde fram till dem.

Resultatet av denna fas är 1) identifiering av reservkapacitetsområden och 2) kapacitetsreservationer, båda publiceras i lämpligt forum och dokumentation, t.ex. järnvägsnätsbeskrivningen då detta utgör en planeringsförutsättning för den årliga kapacitetstilldelningen och skall av transparensskäl vara känd inför aktörernas ansökan om kapacitet i april.

Denna process har inte simulerats eller testats med t.ex. gaming. Inför vidare utveckling av processen är det en rekommendation att tester och simuleringar utförs innan processen genomförs i skarpt läge som en del av tilldelningsprocessen.

2.5 Intervjuer

För att ta reda på vilket intresse av reservkapacitet järnvägsföretagen har och om de har möjlighet att förutsäga sina eventuella reservkapacitetsbehov genomförde vi, i april och maj 2022, intervjuer med representanter för tre järnvägsföretag: Tågåkeriet i Bergslagen (Tågab, som kör såväl gods- som persontrafik), Green Cargo (godstrafik) och SJ (persontrafik). Nedan sammanfattas resultatet av dessa intervjuer. Först beskrivs företagens allmänna åsikter om reservkapacitet. Därefter diskuteras vilka möjligheter som finns att skapa prognoser för behovet av reservkapacitet genom att tillfråga järnvägsföretag och transportköpare. Slutligen sammanfattas några synpunkter från järnvägsföretagen som framkom under intervjuerna och som på ett mer indirekt sätt rör frågan om reservkapacitet.

[36] RNE, Procedures for Capacity Model, https://rne.eu/wp-content/uploads/HB_Capacity_Model_2.0_2022-05-31.pdf hämtad 2022-06-30.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

2.5.1 Åsikter om reservkapacitet

Generellt sett kan sägas att järnvägsföretagen inte anser att det är särskilt viktigt att Trafikverket avsätter reservkapacitet, även om det finns variationer i inställningen mellan de olika företagen. Mest avvisande till tanken att avsätta reservkapacitet är SJ, som menar att detta skulle orsaka alltför stora kostnader i form av att långtidssökta tåg skulle trängas undan (inte tilldelas tåglägen). SJ ser dock mer positivt på avsättning av reservkapacitet för omledning (vid banarbeten) till banor som företaget vanligtvis inte trafikerar.

De järnvägsföretag som kör godstrafik är något mer positiva till reservkapacitet. Tågab utför många transporter av rundvirke för skogsindustrin (leveranser till sågverk). Det är en dynamisk bransch, med stora konjunkturvariationer och med en osäkerhet om den geografiska startpunkten för varje transport som sträcker sig fram till några veckor innan utförandet, eftersom avverkningsplatserna varierar. Tågab har nio tågsätt för rundvirkestransporter. Man söker tåglägen för åtta av dessa i långtiden (även om många tåglägen sedan ändras i korttiden), medan det nionde tågsättet används för korttidssökta tåglägen. Tågab anser att reservkapacitet skulle kunna vara till nytta på vissa ställen, till exempel på den högbelastade Värmlandsbanan. Tågabs korttids-ansökningar för persontåg är ofta anpassade till vad man tror sig kunna få snarare än till de faktiska behoven, vilket skulle kunna vara ett tecken på behov av reservkapacitet.

Green Cargo uppger att man har ett ganska litet behov av reservkapacitet, eftersom man främst satsar på att ha ett fast nätverk av tåg och på att utnyttja all kapacitet i dessa tåg. I vagnslastnätverket utgör därför korttidsansökningarna bara några få procent av det totala antalet tåg, medan det för rundvirkestransporter kanske handlar om tio procent. Man kan dock se ett visst behov av reservkapacitet för vissa godstyper, till exempel just rundvirke, och särskilda situationer (till exempel banarbeten). Transporterna av rundvirke skulle kunna öka med åtminstone tio eller tjugo procent om det vore möjligt att anordna fler tåg med mindre än en månads varsel, men det är inte bara bristen på ledig järnvägskapacitet som lägger hinder i vägen för detta, utan även företagets egna resurser. Green Cargo avstår inte från att lämna in korttidsansökningar bara för att man inte tror att de kommer att beviljas, och man framhåller att avsättning av reservkapacitet inte får skada de företag som lämnat in långtidsansökningar (i form av undanträngning av de tåg som ingår i dessa ansökningar).

2.5.2 Att förutsäga behoven

Som beskrivits i avsnitt 2.4.2 är marknadsundersökningar, där järnvägsföretagen tillfrågas om sina behov av reservkapacitet, ett tänkbart sätt att skapa prognoser för var och när det kommer att behövas reservkapacitet. Under intervjuerna diskuterades därför vilka möjligheter företagen trodde sig ha att förutsäga sina behov av reservkapacitet.

Generellt sett tyder järnvägsföretagens svar på att de skulle ha svårt att göra tillräckligt detaljerade förutsägelser av sina behov av reservkapacitet. Både Tågab och Green Cargo kan ange några sträckor och områden där kapacitetsutnyttjandet är högt och det därför är svårt att få korttidsansökningar beviljade, men det förefaller som att de har svårare att på förhand avgöra *när* (både vilka dagar och när under dygnet) det kommer att

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

finnas behov av reservkapacitet. Frågan *var* reservkapacitet kommer att behövas blir givetvis svårare att besvara om förutsägelserna till exempel ska bygga på tänkta transporter av rundvirke, för vilka startpunkterna inte är kända när förutsägelserna ska göras. Tågab anser att reservkapacitet i närheten av sågverk, som skulle kunna användas för rundvirkestransporter från olika platser, är en god idé. Dock behöver reservkapaciteten vara anpassad till driften vid sågverket, på så sätt att tågen kan anlända jämnt fördelade över dagen. Ytterligare en svårighet, utöver att avgöra när och var det behövs reservkapacitet, är att förutsäga prestanda (gångtider) för de tåg som ska utnyttja reservkapaciteten, vilket påverkar hur mycket kapacitet som behöver avsättas (se avsnitt 3.2, där vi beskriver hur kapacitetskonsumtion kan beräknas som sträcka gånger tid).

Green Cargo tycker att Trafikverket ska utgå från den förflyttning av gods från väg till järnväg som man vill ska ske och anpassa processer och incitament så att förflyttningen kommer till stånd. Detta innebär bland annat att om Trafikverket skulle genomföra marknadsundersökningar borde man dels anlägga ett brett samhällsperspektiv, dels vända sig direkt till godstransportköparna och fråga efter deras behov, snarare än att fråga järnvägsföretagen. Enligt Green Cargo borde denna metod leda till mer tillförlitliga resultat.

Tågab brukar för egen del undersöka marknaden (för persontrafik) genom att testa i praktiken, det vill säga att köra tåg då man tror att det finns efterfrågan, se vad utfallet blir och sedan anpassa sig efter detta. Att fråga tänkbara kunder vad de tänker göra i framtiden tycker Tågab inte är så meningsfullt, eftersom kunderna kanske agerar annorlunda i verkligheten.

Representanterna för Green Cargo reflekterade över att det kanske skulle vara lättare att förutsäga behov om vagnslasttrafiken var organiserad på ett annat sätt, nämligen om man hade ett mindre basutbud av tåg och sedan lade till förstärkningståg, i stället för att man, som nu är fallet, främst försöker fylla tågen i det fasta nätverket. Eventuellt skulle det med ett sådant sätt att organisera trafiken vara möjligt att göra förutsägelser av förstärkningsbehovet, men det skulle också vara nödvändigt att planera företagets egna resurser på ett annat sätt än det nuvarande.

2.5.3 Andra synpunkter från järnvägsföretagen

Under intervjuerna beskrev järnvägsföretagens representanter flera problem och behov som på ett mer indirekt sätt rör frågan om reservkapacitet. De viktigaste av dessa synpunkter sammanfattas här.

Flera av de synpunkter som framkom i intervjuerna kan sammanfattas som att Trafikverket borde ta en mer aktiv roll i tilldelningsprocessen genom att göra större avsteg från de ansökningar som lämnats in, för att på så sätt åstadkomma en effektivare helhet i form av en tågplan som bättre utnyttjar den tillgängliga kapaciteten. Risken med att alltid följa de inkomna ansökningarna så nära som möjligt är att det leder till en onödig fragmentisering av kapaciteten som gör det svårt att få rum med korttidsansökta tåglägen. Järnvägsmarknadslagen (7 kap, 12 §) föreskriver dock att en infrastrukturförvaltare i så stor utsträckning som möjligt ska tillmötesgå alla ansökningar om infrastrukturkapacitet, vilket lägger hinder i vägen för Trafikverket att

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

göra avsteg från ansökningarna (med undantag bland annat för avsteg som krävs för att göra utrymme för reservkapacitet, se avsnitt 2.2).

Green Cargo anser vidare att Trafikverket under tilldelningsprocessen borde lägga större vikt vid det samhällsekonomiska värdet av godstransporter, så att de inte prioriteras ned till förmån för samhällsekonomiskt mindre värdefulla person-transporter[37]. Detta anknyter till önskemålet från Green Cargo att Trafikverket ska anpassa sina processer för att målen om förflyttning av gods från väg till järnväg ska kunna uppfyllas (se avsnitt 2.5.2). En annan aspekt av att godstrafiken prioriteras lägre än Green Cargo önskar är att en stor andel av banarbetena sker nattetid, då också en stor andel av godstrafiken körs. Green Cargo vill därför både att fler banarbeten görs dagtid och att det blir möjligt att köra fler godståg dagtid. Dessutom bör Trafikverket inte planera in servicefönster för banarbeten som sedan har låg nyttjandegrad/inte utnyttjas, vilket för närvarande är vanligt.

Tågab framhåller att det är problematiskt att korttidsansökningar kan avslås bara för att några få sekunder saknas i jämförelse med gällande konstruktionsregler. Enligt Tågab är flexibiliteten i långtidsprocessen större, vilket till exempel kan leda till att ett tågläge som har kunnat planeras in i långtidsprocessen genom att man har ruckat lite på konstruktionsreglerna inte beviljas som ”befintligt tåg annan dag” i korttids-processen. Dessutom uppger både Tågab och Green Cargo att det förekommer att Trafikverket avslår korttidsansökningar fast det är möjligt att hitta lösningar som uppfyller konstruktionsreglerna. Detta visar sig genom att Tågab, efter att ha fått avslag på en ansökan, ibland hittar en egen lösning, skickar in den till Trafikverket och får den beviljad. Green Cargo överväger att börja göra på samma sätt. Dessutom pekar Green Cargo på problemet att hela ansökningar kan avslås om de berör en delsträcka där kapacitetsutnyttjandet är högt (vilket förstås skulle kunna tyda på att det finns behov av reservkapacitet på delsträckan), och Tågab på att svårigheterna att få korttids-ansökningar beviljade leder till en ovilja hos järnvägsföretagen att återlämna tilldelad kapacitet som man inte kommer att utnyttja.

SJ anser att det är större problem med förseningar i tilldelningsprocessen (så att svaren på ansökningar kommer sent) än det är med avslagna ansökningar eller brist på kapacitet. Med andra ord anser SJ att restkapaciteten räcker till. Problem med kapacitetsbrist finns enligt SJ inte främst på linjen utan på stationerna, där det tar längst tid att få svar på ansökningar (t.ex. som rör Stockholm C). Från SJ:s sida trycker man också på att banarbeten borde kunna planeras in tidigare, eftersom alla arbeten ska vara kända mer än sex månader innan tågplanen börjar gälla. Om planeringen av banarbeten gjordes tidigare skulle det inte finnas något behov av reservkapacitet för banarbeten.

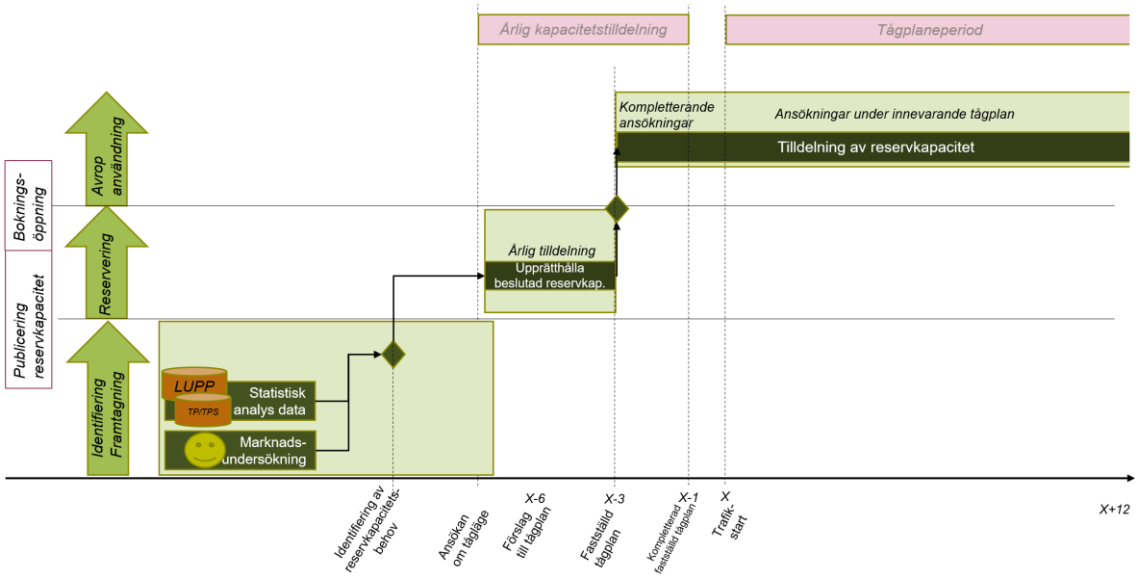
[37] Här kan det påpekas att Trafikverkets tolkning av Transportstyrelsens föreskrifter är att man inte får använda järnvägsnätsbeskrivningens prioriteringskriterier för att göra samhällsekonomiska värderingar av ansökningar, om det inte har uppstått en intressekonflikt mellan olika sökande och denna konflikt inte har kunnat lösas genom samordning och tvistlösning.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

2.6 Föreslagen process

Två ansatser för hantering av reservkapacitet i tilldelningsprocessen har utvärderats i projektet[38]. Båda bygger på att reservkapacitet värderas i förhållande till årligt sökt kapacitet. Den första utgår från att reservkapaciteten tas fram och reserveras som en planeringsförutsättning innan den årliga kapaciteten tilldelas. Den andra utgår från att reservkapacitet tas fram men i stället för att reserveras som en planeringsförutsättning så värderas den mot samma års årligt sökta kapacitet.

Projektet rekommenderar den första varianten, till stor del beroende på att marknadens aktörer, både Trafikverket och de i referensgruppen ingående järnvägsföretagens representanter, hellre ser den första varianten än den andra.



Figur 10 Förslag till huvudprocess för hantering av reservkapacitet

Figur 10 visar den föreslagna processen i förenklad form, med referens till definierade tidpunkter i den årliga kapacitetstilldelningen. Huvudfaserna i processen är

1) Identifiering av reservkapacitetsbehov, bestående av analyser av tidigare tågplaner samt marknadsundersökning med tilldelningsprocessens aktörer, utmynnande i publicering av reservkapacitet i lämpligt forum (t.ex. Järnvägsnätsbeskrivningen)
2) reservering av kapacitet i samband med ansökan av kapacitet, samt
3) avrop/tilldelning med reservkapacitet under tågplanens genomförande inklusive under processteget Kompletterande ansökningar.

2.6.1 Identifiering av reservkapacitetsbehovet

Fas 1 i Figur 10 omfattar olika sätt att identifiera omfattningen av den reservkapacitet som skall reserveras, både geografisk avgränsning och tid. I stycke 2.3.3 beskrivs flera aspekter av svårigheter, möjligheter och metoder att identifiera omfattningen på reservkapacitet. Två huvudaktiviteter finns i denna fas:

[38] Se RIT – Reservkapacitet i tilldelningsprocessen: Underlagsrapport 2 för en utförligare beskrivning och analys av ansatserna

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

- dels statistisk analys, inkluderande maskininlärning och/eller klustringsanaly, av tidigare tågplaner med avseende på var tillkommande ansökningar under tågplaneperioden brukar ske, se stycke 2.4.1
- dels intervjuer med marknadens aktörer vilket kan ses som en form av marknadsundersökning, se stycke 2.4.2.

Resultatet av denna första fas i Figur 10 i den föreslagna processen är en identifierad mängd kapacitet lämplig att avsättas och kommuniceras inför händelsen ”ansökan om kapacitet” i tilldelningsprocessen.

2.6.2 Att reservera kapacitet

I fas 2 reserveras reservkapacitet genom den årliga tilldelningen. Flera möjliga representationsalternativ är möjliga och har dels redovisats i denna rapport, dels redovisats i tidigare underlagsrapporter[39]. Projektet rekommenderar att ett tåglägesliknande objekt kallat *kapacitetsreservation* skapas. I dess enklaste representationsform är dessa objekt liknande ett operativt tågläge med den skillnaden att de

- Inte har en transportuppgift utan motiveras utifrån behovet av reservkapacitet, framtaget i den första fasen presenterat i stycke 2.6.1.
- Infrastrukturägaren är förvaltare av kapacitetsreservationen till dess att en nyttjas i till ett tilldelat tågläge
- Då de nyttjas till ett tågläge så ges de ett (operativt) tågnummer i tilldelningen (dvs de har inte ett operativt tågnummer vid reservationen). Detta för att kunna omvandla reservationen till olika tilldelade tåglägen med olika tågnummer för olika gångdagar under tågplaneperioden.
- Utsträckningen definieras av det *reservkapacitetsområde* (trångsektorsområde) där trängsel befaras och stor nytta med reservkapacitet kan förutses.

Resultatet från processteget är en mängd kapacitetsreservationer[40], där var och en har en identitet och kan avropas av aktör då ett tågläge söks i korttidsprocessen. Dessa publiceras i lämpligt forum, t.ex. Järnvägsnätsbeskrivningen, med relevanta parametrar för att kunna avropas t.ex. gångtidsprestanda, begränsningar i längd och vikt samt det värdemässiga gränsvärde som är aktuellt för kapacitetsreservationen.

2.6.3 Att avropa kapacitet

Skeendet i detta processteg har likheter med marknader som karakteriseras av ”stötvis” efterfrågan men där vissa beteenden är återkommande och därmed i viss utsträckning möjliga att förutse. Inför projektet RIT och parallellt med detta pågår forskningsarbete inriktat på olika metoder baserade på dynamisk prissättning[41,42]. För dessa gäller att

[39] Aronsson, M., & Kjellin, M. (2022). RIT – Reservkapacitet i tilldelningsprocessen : Underlagsrapport 2. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-59299

[40] Detta kan i en framtid även vara mer abstrakt beskrivning av kapacitet, t.ex. beroende på att successiv planering tillämpas och det är förmågan att omvandla den avsatta reservkapaciteten till tågläge som är det viktiga, inte att det är ett läge i sig.

[41] Svedberg, V. (2018). Towards optimal railway track utilization based on societal benefit (Licentiate dissertation, Linköping University Electronic Press). https://doi.org/10.3384/lic.diva-150995

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

frågan om avsättande av kapacitet i förväg är viktig liksom frågan om vad kapacitet är, det vill säga representation av kapacitet genom processen.

Genom processen för framtagning av omfattningen av reservkapacitet i processens första steg (se stycke 2.6.1) finns ett gränsvärde för bokning av reservkapacitet i korttidsprocessen baserat på de kostnader som omgivande årsvist sökt trafik fått ta.

Beroende på vilken av de representationsformer som valts (se stycke 2.3.1 och 2.6.2) är avropande mer eller mindre omfattande i arbete. Förslaget från projektet är som tidigare argumenterats för i form av kapacitetsreservationer och det tågläge som söks i korttidsprocessen, med avropande av den avsatta kapacitetsreservationen, måste överträffa detta gränsvärde. Detta säkerställer att den transport som genomförs med kapacitetsreservationen är tillräckligt värdefull för att reservationen i den årliga processen var korrekt att göra.

Det måste vara enkelt att jämföra gränsvärdet för kapacitetsreservationen med det i korttidsprocessen sökta tågläget, både för sökanden och för infrastrukturförvaltaren i samband med ansökan och tilldelning av tågläget inklusive avrop och bokning av kapacitetsreservationen. Förslaget från projektet är att i värderingen görs för en gångdag även om ansökan gäller för flera, eftersom avgörandet inte har att göra mellan två tåglägen som schemaläggs samtidigt utan är en kontroll av att de tilldelade tåglägena i kapacitetsreservationerna är tillräckligt värdefulla för att kapacitets-reservationen gjordes under långtidsprocessen.

Har kapacitetsreservationerna representerats med fasta tider, liknande (operativa) tåglägen i dagens tilldelning (dvs med fast tidtabell), nyttjas kapacitetsreservationen genom att denna används i det sökta tågläget, efter kontroll av att det sökta tågläges värde överskrider gränsvärdet för kapacitetsreservationen samt att gångtids-egenskaperna och andra restriktioner är uppfyllda. Detta liknar förfarandet med (operativa) tågnummer vilka har en fast tidtabell hela året och kan sättas ihop till kedjor vilka formar ett huvudtågnummer (”tåg”). Detta är den enklaste representationsformen vilken i princip redan idag används i Skåne vid akuta ändringar i operativt skede, men ger samtidigt minst flexibilitet för sökande och därmed lägst attraktivitet, risken är förhållandevis stor att kapacitetsreservationen egentligen inte passar den sökande.

Har kapacitetsreservationen gjorts mer flexibel genom att man har skapat en ram eller en mer abstrakt möjlighet att lägga in ett tågläge då det söks i korttidsprocessen (t.ex. avgångstid inom ett tidsfönster) är processen mer komplicerad eftersom kapacitetsreservationerna inte finns som avropbara delar av tåglägen direkt i tågplanen. Flexibiliteten kan dock leda till attraktivare korttidståglägen baserade på kapacitetsreservationer, framför allt i kombination med Successiv planering. Projektet rekommenderar dock detta först då den enklare formen av reservation med tåglägesliknande objekt prövats ett tag på områden där en enklare formen av reservation är tillräckligt attraktiv.

[42] Broman, E. Eliasson, J. A Pricing Mechanism för Sequential Capacity Allocation, manuskript erhållet 2022-06-29.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

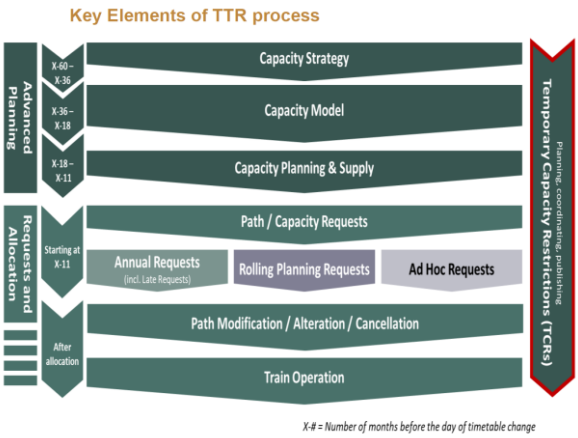
3 RIT och koppling till TTR

TTR, Timetabling and Capacity Redesign, är ett projekt syftande till en ny kapacitetstilldelningsprocess, ensad i Europa, för kapacitetstilldelning på järnväg. TTR delar upp kapaciteten i flera kundsegment (trafikslag), vart och ett syftande till att attrahera olika kundgrupper med olika framförhållningsbehov. Både förplanerade tåglägen ingående i ett utbud samt möjlighet att söka skräddarsydda tåglägen förekommer. I TTR ingår också för svenska förhållanden helt nya typer av kapacitets-tilldelning, t.ex. reservation av kapacitet för flerårig tilldelning samt löpande under tågplanens genomförande. Allt detta ställer stora krav på förmågan att representera kapacitet, både före och efter ansökan om kapacitet från de kapacitetsökande företagen, mellan olika segment samt över tid.

Eftersom RIT studerar reservering av kapacitet föll det sig naturligt vid projekt-specifikationens utformning att projektet RIT skulle delta som stöd i det nationella projektet TTR Sveriges expertgrupp samt söka kopplingar och överföra erfarenheter mellan RIT och TTR.

3.1 Sammanfattning av TTRs innehåll

I TTRs process delas framtagandet av en tågplan upp i två huvudskeden, ”Advance planning” (AP) och ”Request and Allocation” (R&A). Den grundläggande filosofin är att AP skall dela upp kapaciteten i segment samt, i förekommande fall, skapa ett utbud av förallokerade tåglägen. Steget R&A som kommer efter AP skall, i princip, boka kapacitet baserat på resultatet från AP både då det gäller förplanerade tåglägen och genom kapacitetstilldelning ”på vanligt vis” (skräddarsy så långt möjligt enligt sökandens önskemål).



Figur 11 Schematiskt flöde för TTRs skeden[43]

[43] Hämtad från Timetabling and Capacity Redesign (TTR) – Description pf the Timetabling and Capacity Redesign Process, version 2.00, https://cms.rne.eu/system/files/long_description_of_the_ttr_process_v2.0_2.pdf, hämtad 2022-10-18

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

3.1.1 TTR processbeskrivning

För svenskt vidkommande är framför allt delarna i AP nytt. Idag sker ingen detaljerad prognostisering av infrastrukturägaren av framtida trafik i termer av tåglägen[44], framför allt ingen förplanering av tåglägen i ett ”färdigt” utbud då detta är olagligt enligt den svenska järnvägslagen. Likaså kan Trafikverket inte segmentera kapaciteten på det sätt som TTR föreskriver då detta inte heller är tillåtet. Således behövs förändringar i svensk lagstiftning för att skapa förutsättningar för att implementera TTRs process.

AP består i sin tur av två parallella huvudspår, trafik och TCRs (Tillfälliga kapacitetsrestriktioner) samt tre skeden vilka syftar till att gradvis ringa in vilken trafik som förutses bedrivas en typisk dag och hur den påverkas av schemaläggningen av TCRs. De tre skedena är

- Kapacitetsstrategin som syftar till att beskriva förändring i kapacitet (positiv eller negativ) och vilka brister i kapacitet som därav uppstår samt vilka åtgärder som därför planeras vidtas (kan betyda förstärkningsinsatser men även planeringsstrategier för schemaläggningen). Viktig input är vilka TCRs som kommer vara aktiva under perioden. Resultatet är en beskrivning av huvudprinciperna för användningen (planeringen) av tillgänglig kapacitet som underlag för den senare kapacitetsmodellen.
- Kapacitetsmodellen som syftar till att per linjedel dela upp tillgänglig kapacitet i segmenten årlig tilldelning (resandetåg och godståg, volym/andel), andel tåglägen i Rolling planning (RP), andel ad hoc-tåglägen (inkluderande reservkapacitet och oplanerad kapacitet) samt servicefönster och TCRs. Resultatet är ett underlag för nästa processteg, kapacitetsutbudet, bestående av ”modulariserad”/diskretiserad kapacitetsanvändning över tid som även den är diskretiserad. En viktig del i processteget utgör ”Capacity Needs Announcement”, CNA, i vilket järnvägsföretagen och andra sökanden utrycker önskemål om framtida kapacitet. Kapacitetsmodellen är IMs svar på CNA samt även IMs egen prognos för kommande trafik. Kapacitets-modellen använder kapacitetsstrategin och överför denna i grova ”produkttyper” per linjedel fördelade över tid.
- Kapacitetsutbudet som konkretiserar modellen i ett faktiskt utbud bestående av kapacitet för årlig tilldelning (förplanerade lägen samt fri kapacitet för skräddarsydda tåglägen), kapacitet för RP (förplanerade tåglägen som ”skyddas”, safeguarded, samt kapacitetsband med skyddade RP-lägen i), ad hoc-kapacitet (skyddade förplanerade tåglägen, kapacitetsband med skyddade ad hoc-lägen samt oplanerad kapacitet) samt negativ kapacitet (kända och publicerade TCRs samt servicefönster att nyttja för mindre TCRs).

Huvudspåret för TCRs har sina egna processteg. TCRs delas in beroende på storlek och påverkan på trafiken och delas in i Major, High, Medium och Minor i enlighet med Figur 12.

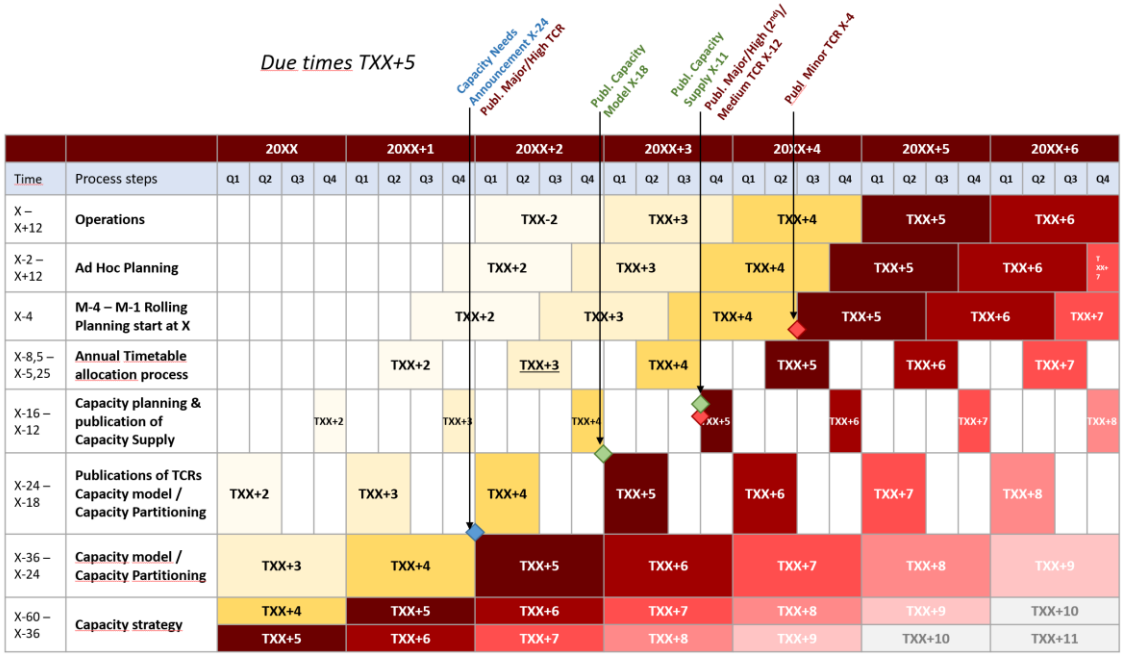
[44] För investering i framtida infrastruktur samt för långsiktigt underhåll sker en viss modellering av trafik men den är på en högre och mer schabloniserad nivå, och ofta avgränsad till ett snävare område. Likaså genomför Trafikverket transportprognoser men dess huvudresultat rör volymer på årsbasis snarare än vilka tåglägen som skall planeras för.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

Klassificering	Sammanhängande dagar	Trafikpåverkan (uppskattad trafik ställs in, leds om, ersätts med andra trafikslag)
Tillfällig kapacitetsbegränsning med mycket stor påverkan	Mer än 30 på varandra följande dagar	Mer än 50 procent av den uppskattade trafikvolymen på en järnvägslinje
Tillfällig kapacitetsbegränsning med stor trafikpåverkan	Mer än 7 på varandra följande dagar	Mer än 30 procent av den uppskattade trafikvolymen på en järnvägslinje
Tillfällig kapacitetsbegränsning med medelstor påverkan	7 eller färre på varandra följande dagar	Mer än 50 procent av den uppskattade trafikvolymen på en järnvägslinje
Tillfällig kapacitetsbegränsning med liten påverkan		Mer än 10 procent av den uppskattade trafikvolymen på en järnvägslinje

Figur 12 Klassificering av TCR med avseende på dess påverkan på trafiken

Ett mer detaljerat sätt att beskriva processen att ta fram varje års tågplan enligt TTRs process ges i Figur 13. De olika processtegen finns inlagda längs Y-axeln och kalendertid längs med X-axeln. På det sättet illustreras hur varje tågplan åren innan initieras och genomlöper de olika processtegen i AP.



Figur 13 Kopplingen mellan TTRs processteg och kalendertid. De viktigaste händelserna finns inlagda övers i figuren med referens ned till respektive processteg.

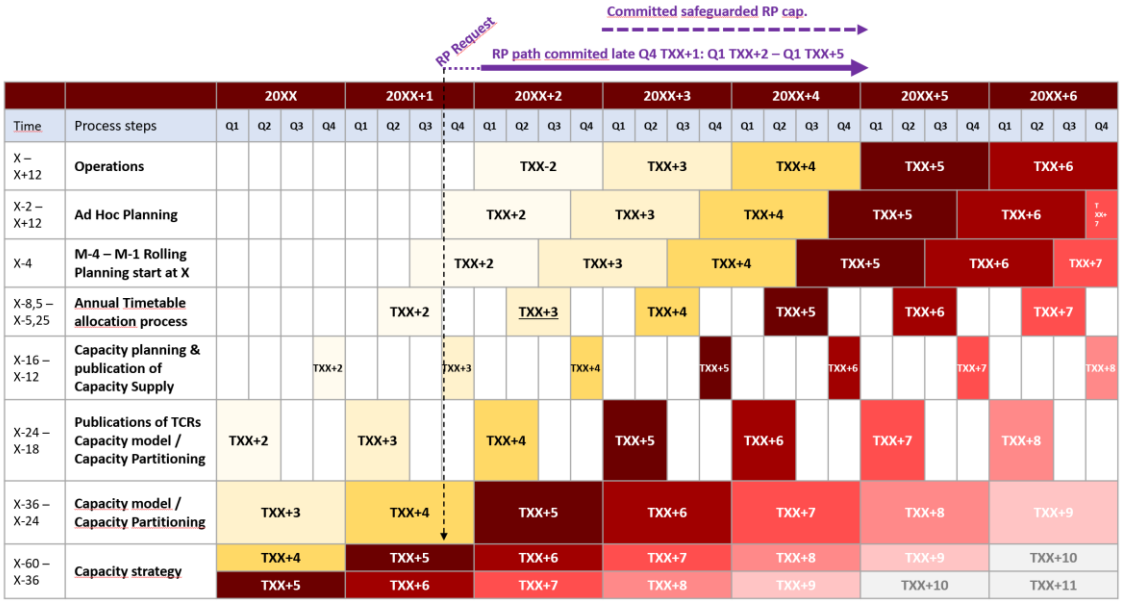
I Figur 13 är huvudhändelserna för tågplan TXX+5 inlagda i figuren. Notera att Rolling Planning som finns inlagd i rad 3 gäller när första RP-tågläge med start vid X i tågplanen TXX+5 kan allokeras dvs. X-4 i den årliga processen för TXX+5.

Eftersom ett RP-läge kan finnas upp till 36 månader så betyder det att tidigare års redan tilldelade tåglägen finns med som ett arv in i nuvarande tågplan. Det illustreras i med den lila pilen i Figur 14. Ett tågläge som finns i tågplan TXX+5 kan ha tilldelats

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

redan i tågplan TXX+2 och ansökts sent i tågplan TXX+1. Påverkan av detta är illustrerat med den lila vertikala pilen i Figur 14, samtidigt som processteget att ta fram kapacitetsmodellen för TXX+4 (vid dess relativa tidpunkt X-36) så sker tilldelning av ett tågläge som sträcker sig in i TXX+4.

För TCR-processen finns ett liknande skeende när det gäller fördelning av vilka TCRs som skall genomföras vilket år. Även här sker en gradvis förfining, från att identifiera behovet, fördela dessa över de olika åren i planeringshorisonten med avseende på upprätthållandet av produktionskapacitet (trafik) samt fördelning på tillgängliga resurser (entreprenörer, avtal mm) till faktisk schemaläggning av insatser över ett specifikt år.



Figur 14 Kopplingen mellan TTRs process och kalendertid samt påverkan från reservationen av ett RP-tågläge som sträcker sig över tre år

Vid varje tillfälle finns således 6 tågplaner aktiva i planeringsfönstret i olika processteg, från tidiga aktiviteter i kapacitetsstrategin till pågående genomförande.

Att tilldela kapacitet som sträcker sig över flera tågplaner ställer stora krav på förmågan att både reservera tillgänglig kapacitet i segment och att skydda (”safeguard”) tilldelad kapacitet i RP samt för effektiv hantering av TCRs. Det ställer också stora krav på infrastrukturägaren att kunna förutse framtida trafik, liksom att värdera de ansökningar som denne är på väg att tilldela gentemot prognosticerade framtida ansökningar av tåglägen, var sig det gäller RP-tåglägen giltiga över flera år eller årlig tilldelning ställt mot framtida RP-lägen. Här finns stora utmaningar vad gäller segmenteringen (omfattning, representation och värdering) liksom för varje enskilt tågläge (representation och värdering). Här ser projektet att liknande objekt som det av RIT föreslagna planeringsobjektet kapacitetsreservation kommer att spela en viktig roll.

3.1.2 Segmentering av kapaciteten

Kapaciteten för en tågplan segmenteras i

- TCRs, Tillfälliga kapacitetsbegränsningar,

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

- Årlig tilldelad kapacitet
    - förplanerade tåglägen,
    - ej förplanerad (såsom det fungerar idag i Sverige),
- Rolling planning
    - kapacitet till nya RP-tåglägen
    - redan befintlig tilldelade RP-tåglägen från föregående period och som sträcker sig in i detta års tågplan.
- ad hoc-kapacitet
    - Reservkapacitet
    - Oplanerad kapacitet

Syftet med kapacitetsmodellen är att, per linjedel, fastslå hur mycket kapacitet som skall ges till respektive segment. Någon tydlig mätbar enhet för ”kapacitet” finns egentligen inte, det är inte klarlagt exakt hur kapacitet skall mätas i något av skedena för trafik och TCRs utan kapacitet anges som antal tåglägen av en viss typ en viss timme.

Stora och mycket stora TCRs har dock redan i kapacitetsstrategin i praktiken tilldelats kapacitet då syftet med strategin bl.a. är att ta hand om principerna för hur trafiken skall hanteras vid större avstängningar.

3.1.2.1 TCR

TCRs delas upp i fyra klasser: Major, High, Medium och Minor impact TCR, se Figur 12. Vilken klass som varje TCR placeras i beror av dess trafikpåverkan samt antal dagar som påverkan sker. Trafikpåverkan räknas i strukna, omledda eller ersatta av alternativa transportslag, således egentligen inte t.ex. hastighetsnedsättning, enligt tabellen i Figur 12 som beskriver klassificeringen[45].

Noterbart är att denna klassificering inte talar i absoluta termer vilken kapacitet som faktisk omfattas av kapacitetsrestriktionen, utan det är en definition som relaterar trafik som inte kan genomföras i förhållande till en tänkt normalkonsumtion (trafik) på aktuell sträcka. Man skall här notera att klassificeringen görs på en av IM bedömd framtida ansökt trafik på spårområdet, om ingen kapacitetsrestriktion skulle finnas. Det är i förhållande till denna bedömning som ett TCR skall klassificeras. Det betyder vidare att IM måste ha en ganska klar bild av hur en sådan trafik är tänkt att genomföras för att kunna göra en god bedömning av hur stor påverkan från detta TCR samt kombinatoriska effekter från andra TCRs blir. Omledningar kan ju leda till högre kapacitetsutnyttjande på andra platser än där arbetet pågår och detta i sin tur påverka hur och när andra TCRs bör läggas. Ett kapacitetsmått behöver stödja kalkyler och analyser som gör det möjligt att bedöma relationen mellan kapacitet reserverad för trafik och kapacitet reserverad för TCRs.

RNE beskriver kapacitetsuttaget för TCRs i termer av yta i en tidtabellgraf, vilket stödjer att ”yta i grafen” är ett mått som är intressant att utveckla vidare som ett

[45] Hämtad från Timetabling and Capacity Redesign (TTR) – Description pf the Timetabling and Capacity Redesign Process, version 2.00, https://cms.rne.eu/system/files/long_description_of_the_ttr_process_v2.0_2.pdf, hämtad 2022-10-18

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

kapacitetsmått, såsom beskrivits i en annan rapport[46] framtagen delvis inom detta projekt.

3.1.2.2 Årlig förplanerad kapacitet

Årlig förplanerad kapacitet utgör utbudet i termer av redan planerad trafik. Detta är det tänkta skelettet av trafik i tågplanen. All trafik som kan förutsägas med stor säkerhet skall kunna förplaneras och ingå i utbudet.

3.1.2.3 Årlig ej förplanerad kapacitet

Den årligt ej förplanerade (”fria”) kapaciteten motsvarar hur kapacitetstilldelningen i Sverige går till idag. Hur stor detta delsegment skall vara och hur det samspelar med kapaciteten allokerad till de årligt förplanerade tåglägena återstår att reda ut, men dessa två är tänkta att tillsammans ta hand om den årligt tilldelade trafiken och ingå i detta segment.

3.1.2.4 Kapacitet för Rolling planning

För RP-segmentet för nästkommande period så föreslår TTR att kapacitet skall reserveras genom så kallade *kapacitetsband*, vilket är ett definierat område i geografi och tid där viss kapacitet skall sparas och säkerställas att finnas tillgänglig för RP. Ofta är detta illustrerat med ett antal (fasta) tåglägen inritade i ett tidsfönster omfattande några timmar där även utbudet av förplanerade tåglägen finns med. Det finns dock inget som säger att detta skall vara fasta tåglägen utan poängen är att utfästa en garanti att ett antal tåglägen kan skapas i RP-segmentet efter den årliga kapacitets-tilldelningen. Således skulle RP-tilldelning som helhet kunna baseras på successiv tilldelning med möjlighet att justera årligt tilldelade tåglägen inom ramen för deras avtalsvillkor för att möjliggöra ett tillräckligt antal RP-tåglägen.

Notera att RP-segmentet har sina alldeles egna processer att tilldela trafik som löper parallellt med den årliga. Det betyder att kapacitet kan tilldelas i RP-segmentet parallellt med t.ex. årlig tilldelning. För att detta skall fungera så krävs att det dels finns ett kapacitetsbegrepp som är mätbart och översättningsbart till tåglägen, dels finns möjlighet att reservera och dela upp kapaciteten, dels veta hur olika kapacitets-konsumerande ”objekt” samspelar eftersom det ofta uppstår ”ställtid” mellan olika tåglägen från olika segment och därmed konsumeras ytterligare en del kapacitet.

Det sägs egentligen inte hur specifik RP-kapaciteten skall vara eller mätas, det finns i förslaget både mer eller mindre fasta tåglägen (”slots”) och ”fri” kapacitet. Om det finns ett mer abstrakt kapacitetsbegrepp så skulle avsättningen av kapacitet till RP-segmentet kunna göras i termer av ”kapacitetsenheter”.

3.1.2.5 Ad hoc-kapacitet

Ad hoc-kapacitet blir i TTR riktad mot akut avhjälpande behov och inte som idag i Sverige omfattande all tilldelning som sker efter fastställelsen. Hur stor denna skall vara är en mycket svår uppgift att beräkna, det motsvarar svårigheten att klargöra omfattningen av reservkapacitet som rapporterats i detta projekt, men viss ledning

[46] Aronsson, M., (2022). En not om att mäta kapacitet på järnväg. RISE rapport 2022:116

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

borde kunna gå att få genom erfarenhet från tidigare tågplaner. Genom kapacitetsstrategin kan detta ”segment” delvis ökas från den nominella nivån om kännedom om stora arbete inom ett visst område finns. Man kan anta att då avsteg från ”hur man brukar göra” kan leda till vissa störningar i trafiken.

3.1.3 Reservering

TTR bygger på att bejaka de olika trafikslagens olika behov och dessa är väsentligen olika vad gäller framförhållning samt även t.ex. tidskänslighet och gångtid. TTR gör detta genom att grovt indela trafikefterfrågan i segment och tilldela kapacitet till dessa. Tanken är därefter att tilldelning av kapacitet sker inom segmenten. Om tilldelningen av kapacitet till segmenten kan ändras, t.ex. då förutsättningar ändras under processen, är inte klarlagt.

Detta betyder t.ex. att RP-segmentet i huvudsak är tänkt för trafik med större förändringsbehov och mer dynamik, såsom ett antal godstågstrafikbehov. Syftet är att tågläge skall sökas och fås då affär har tecknats med transportköpare, och inte spekulativt i en årlig process. Likaså skall man då affären är klar kunna söka och få tågläge för mer än ett år. Detta för att kunna säkerställa erbjudandet till transportköparen över hela kontraktsperioden.

RP-segmentet ger upphov till två olika typer av reserveringar, dels för den redan utlovade trafiken från tidigare tågplaner (trafik tilldelad för flera år) och dels för det prognosticerade behovet. Det sistnämnda kan delvis vara svårt att förutse, vilket studier gjorda i projektet visar[47].

3.1.4 Flera IMs

Vad som ovan sagts gäller processen för ett lands kapacitetstilldelning och -planering. Ett stort syfte med TTR är att synkronisera användningen av järnvägskapaciteten mellan länder så att största möjliga nytta uppstår i ett europeiskt perspektiv. Detta ställer krav på kommunikation, förhandling och kompromissande i de olika skedena ovan så att IMs kan säkerställa goda möjligheter för internationell trafik. Flera problem uppstår på mellanstatlig nivå, exempel utgör:

- Transittrafik kan två stater vinna mycket på, medan den tredje staten liggande mellan inte får någon nytta av de transiterande transporterna medan dessa påverkar den inhemska trafiken. Hur skall den prioriteras och värderas?
- Vem skall agera medlare och domare vid resurskonflikter och/eller ineffektiv allokering av t.ex. TCRs på olika sidor om en gräns?
- Hur skall internationell trafik värderas (samhällsekonomiskt) då den rör sig mellan flera länder?
- Kan/skall IMs utväxla ersättning mellan varandra vid t.ex. en infrastrukturutbyggnad som avhjälper resursbrister i ett annat land? Hur skall kostnader fördelas mellan länder för underhåll och investering när ett land tjänar mer på åtgärderna än ett annat?

[47] Aronsson, M., & Kjellin, M. (2022). RIT – Reservkapacitet i tilldelningsprocessen : Underlagsrapport 2. Hämtad från http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-59299

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

Detta utgör exempel på frågeställningar som komplicerar en samordnad process inom hela Europa. För att delvis råda bot på detta har TTR identifierat behovet av en mellanstatlig ”agent”, en ”International Leading Entity” som kan agera medlare och avgöra tvister IMs emellan.

3.1.5 Kapacitet

De olika huvudfaserna i TTR bildar en överordnad process, se Figur 11:

1) kapacitetsstrategi
2) kapacitetsmodell
3) kapacitetsutbud
4) kapacitetstilldelning

Resultatet från varje processteg är i huvudsak en beskrivning av hur kapaciteten har fördelats mellan olika ”objekt” som finns i just det processteget (segment, tågtyp, antal tåglägen av en viss sort), i förekommande fall i termer av ett utbud av mer eller mindre färdiga förplanerade tåglägen eller ”slots” samt ”fri” kapacitet (inom segmentet).

Den kapacitet som dessa ”objekt” konsumerar måste kunna utryckas. För nästkommande processteg behöver resultatet från föregående steg vara till hjälp i den fortsatta utvecklingen av tågplanen, annars är meningen med resultatet från det tidigare steget förfelat och inte till fortsatt nytta. T.ex. är resultatet av kapacitets-modellen en segmentering av kapaciteten i utbud (förplanerade tåglägen samt oplanerad kapacitet inom utbudet), Rolling planning (Likaså förplanerade tåglägen samt oplanerad men reserverad kapacitet), ad hoc samt TCRs. Utbudet formas sedan inom sitt segment och detta är skilt från t.ex. Rolling Planning-segmentet. Söks ett läge inom Rolling Planning så fortsätter tågläget finns inom Rolling planning, det byter inte segment från år till år om det är flerårigt tilldelat.

För att kunna planera, reservera, värdera och tilldela kapacitet så behöver vi således definiera vad kapacitet är: Hur den representeras, hur den mäts och hur den kan värderas. Generellt används begreppet kapacitet för att utrycka en *förmåga*, t.ex. kan det (i allmänna termer) vara lyftförmåga t.ex. en hiss eller innehålla eller överföra något per tidsenhet tex. ström i en kabel. Kapacitet används för att åstadkomma något, t.ex. en förflyttning av last eller material, framställa produkter etc.

Kapacitet skall inte sammanblandas med produktivitet. Medan kapacitet är en förmåga att producera (skapa) något så är produktivitet hur mycket resultat som skapats (per tidsenhet). Kapacitet är således en ”tillgänglig och abstrakt tillgång” eller insats som görs för att åstadkomma produkter eller tjänster.

I sin allra enklaste form mäts kapacitet och produktivitet med samma enhet, t.ex. producerade enheter per tidsperiod. Ofta är dock sambandet inte direkt, t.ex. kan en betongpump ha en kapacitet av X liter (ton) per timme medan resultatet sällan uttrycks som antal liter (ton) betong som förflyttats utan resultatet uttrycks istället som byggdelar som färdigställts (efter vibrering och att betongen brunnit) eller inbyggd mängd betong i byggnadsverket.

Eftersom tåglägena är så pass olika så fungerar ett kapacitetsmått som likställs med produktivitet i termer av antalet producerade tåg dåligt. Antal tåg per timme är helt enkelt inte ett adekvat mätetal för kapacitet då tåglägen ännu inte är kända och en hel

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

del kapacitet ”går förlorad” i olika väntetider (pga. mötes- och förbigångshantering, bufferttider mm) och ställtider (pga. heterogen trafik). Det behövs således ett mått som kan representera inte bara tåglägen utan den nödvändiga ”mellanliggande” kapacitets-konsumtion då ett tåg produceras, dels kan värderas och ställas mot annan användning t.ex. i kapacitetsmodellen då trafik i olika segment skall ställas mot varandra.

I kommersiella sammanhang används vinst för att avgöra t.ex. prioritering mellan olika produkter eller produktslag medan t.ex. användningen av statliga tillgångar skall värderas samhällsekonomiskt. Frågan om att hantera och mäta kapacitet är mycket mer central i TTRs processbeskrivning än den är i den kapacitetstilldelningsprocess som finns idag. Enda gången som kapacitetsanvändningen är en kompromiss och måste värderas är då förslaget till tågplan tas fram med avslutande fastställelse. I nuvarande kapacitetstilldelningsprocess är varje tågplan i allt väsentligt en vattenfallsmodell: Dialoger, samråd, järnvägsnätsbeskrivningen, det mesta som skapas inför tågplanen är begränsat till just den tågplanen.

I de följande styckena tas frågan om att mäta kapacitet samt att värdera kapacitet upp.

3.2 Att mäta kapacitet och kapacitetsåtgång

En grundläggande skillnad i TTRs Advance Planning gentemot kapacitetstilldelnings-processen som den ser ut idag är att en stor del av planering och schemaläggning görs i förväg, bereds, inom Advance Planning, AP. Då AP genomförs finns ännu inte några ansökningar att basera planeringen av trafik på. Det betyder att planeringen inte sker på de faktiska tåglägena som är sökta, utan på ett material som dels består av information från aktörerna i form av Capacity Needs Announcement, CNA, dels på erfarenhet (statistisk material) från tidigare tågplaner, dels på transportbehovs-prognoser (IMs egna eller andra prognoser). CNA är information om kapacitetsbehov från aktörerna vad de ser sig behöva i utbudet då de ansöker, och skulle kunna innehålla allt från önskemål om detaljerade tåglägen till vaga uttalanden om framtida kapacitetsbehov.

Det finns anledning att tro att regionala kollektivtrafikmyndigheter kan specificera ganska väl vad de vill ha, och dessutom inte har något emot att göra detta till offentlig handling då de inte konkurrerar med någon inom samma segment. Däremot är det troligt att kommersiella aktörer inte vill specificera så exakt vad de vill ha och riskera att offentliggöra detta. Det är inte ens säkert de själva kan göra detta så lång tid i förväg då de måste vara följsamma med marknadens behov. Det betyder att dessa helst skall ges möjlighet att ge vagare kapacitetsbehov.

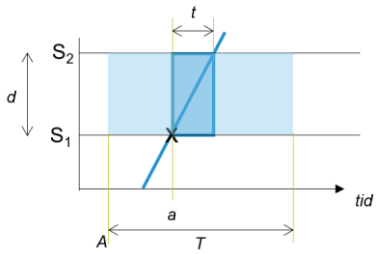
Även om CNA kan göras på basis av framtida tåglägen så skulle även behovet kunna uttryckas på annat sätt. Det är hur som helst klart att ett detaljerat schema med samtliga tågordningar lösta, såsom förslaget till tågplan utgör i dagens process, inte kan tas fram och fixeras i kapacitetsmodellen och inte troligt heller till kapacitetsutbudet eftersom det råder osäkerhet kring exakt hur ansökan om tågläge kommer falla ut. Det behövs ett annat sätt att mäta, räkna och fördela kapacitet under Advance Planning fram till dess att samtliga aktörer genom Ansökan om kapacitet har sökt i tid konkretiserade tåglägen. Detta säger dock inte att TTRs process inte kan ge ett bättre resultat än nuvarande process, det säger istället att IM måste skaffa sig adekvata

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

metoder för representation, värdering och reservation så att en gradvis förfining av tågplanen kan genomföras i TTRs processteg.

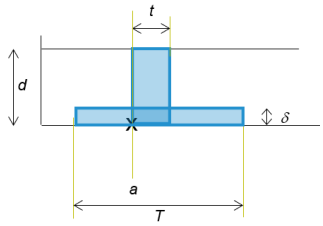
Vidare så innehåller segmentet Rolling Planning en inte försumbar mängd kapacitet vilken skall schemaläggas först senare då den söks under tågplanens genomförande. Detta ställer också krav på att den fastställda tågplanen är flexibel nog att erbjuda attraktiv kapacitet i segmentet Rolling Planning. Denna kapacitet kan vara mer eller mindre förplanerade tåglägen, men effektivaste tåglägena kan nog erbjudas om kapaciteten i Rolling Planning inte är låst på förhand till fasta tåglägen. Detta talar för en kombination av Successiv planering och generellt sparad kapacitet genom kapacitetsmodellen, -utbudet och årsvis tilldelningen.

Vi har i en separat rapport[48] föreslagit ett alternativt sätt att representera och mäta kapacitet som passar för de processteg som hanterar osäkerheten rörande den exakta planeringen av tåglägena i tid. Syftet har varit att söka ta höjd för heterogen trafik utan att skapa ett detaljerat schema. Kapacitetsbegreppet bygger på ytan som ett tågläge tar upp i tidtabellgrafen (Marey-grafen) och har således enhet som baseras på sträcka multiplicerat med tid, t.ex. kilometerminut, se Figur 15.



Figur 15 Ett tågläges kapacitetskonsumtion på ett signalblock (mörkare fyrkant) och dess tidsfönster inom vilket det kan komma att sökas

Tanken är att ta fasta på att ett tågläge vars tågtyp och prestanda ofta är ganska kända men avgångstiden på linjedelen är okänt alltid konsumerar en viss kapacitet för att genomföra transporten från utgångsstation till slutstation på linjedelen, oavsett när det avgår i tid. Denna kapacitetskonsumtion kan då fördelas över det tidsfönster inom vilket transporten är attraktiv att genomföra, se Figur 16.

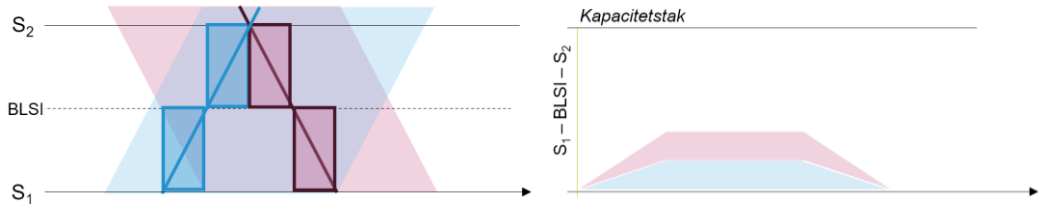


Figur 16 Fördelning av kapacitetskonsumtion över tidsfönstret

Denna fördelning görs för samtliga tåglägen och aggregeras i en graf vilken då visar hur den prognosticerade kapacitetsåtgången fördelar sig över tid, inklusive den osäkerhet som finns inlagd i tidsfönstren.

[48] Aronsson, M., (2022). En not om att mäta kapacitet på järnväg. RISE rapport 2022:116

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en



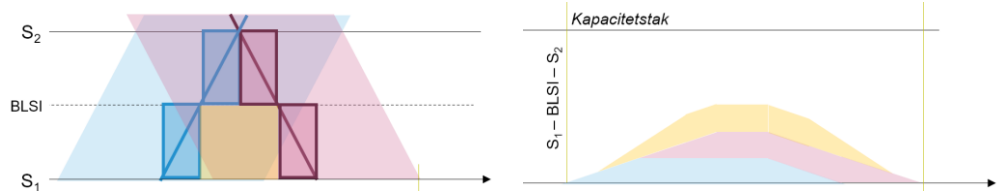
Figur 17 Två mötande tåglägen med motsvarande kapacitetsåtgång över tidsfönstret

Den aggregerade kurvan visar på attraktiviteten hos kapaciteten på linjedelen över tid. Till denna kurva skall tillägg göras för hur heterogent kapacitetsbehovet, dvs. hur mycket kapacitet som krävs för att trafiken byter riktning (enkelspår) samt hastighet (heterogen trafik). Vid mycket blandad trafik måste mer kapacitet avsättas för att möjliggöra hastighetsförändring och möten än då trafiken är mer homogen.

Resultatet av en sådan beräkning kan sägas utgöra en *Kapacitetsanvändningsplan*, dvs en prognos över hur kapaciteten är tänkt att används över tid[49]. Denna har stora likheter med den modell som TTR tagit fram för kapacitetsmodellen.

En kapacitetsanvändningsplan görs för det som betraktas som en resurs med kapacitet, t.ex. vardera riktningen för ett dubbelspår, båda riktningarna för ett enkelspår, samt för linjedelar mellan förgreningar i nätet. Mötes- och förbigångsstationer möjliggör högre resursutnyttjande.

Då tåglägen i ett fastställt schema möts och eller förbigås uppstår ställtid, dvs tid för att bromsa och köra in på sidospår samt ”blockerade ytor” i grafen som inte kan nås längre av andra tåglägen, se gul area i grafen i Figur 18.



Figur 18 Två mötande tåglägen med ställtid visad och med motsvarande kapacitetsåtgång inkluderande ställtid

Denna kapacitetsåtgång behöver också representeras i kapacitetsanvändningsplanen eftersom denna kapacitet är konsumerad på grund av riktningsbytet (i Lean kallad ”nödvändig spilltid” eftersom denna tid måste avsättas för att åstadkomma riktningsbytet), se Figur 18 Likaså behöver omfattningen av planerad overksamhet och oplanerad overksamhet (efterfrågad eller utan efterfrågan) hos resursen representeras. Detta finns utförligt förklarat för det föreslagna kapacitetsmåttet i den separata rapporten[50].

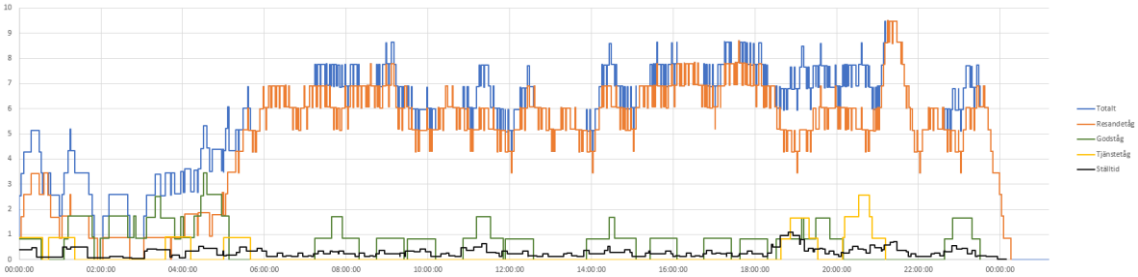
[49] Ett annat namn för detta är kapacitetsbudget. Budget är dock en ekonomisk term vilket kan leda tanken fel i detta sammanhang då det inte är ekonomi vi avser utan hur uppdelningen och användningen av en begränsad resurs görs.

[50] Aronsson, M., (2022). En not om att mäta kapacitet på järnväg. RISE rapport 2022:116

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

3.2.1 Exempel på kapacitetsanvändningsplan

Följande graf visar ett exempel på en möjlig kapacitetsanvändningsplan för sträckan Lund-Arlöv, baserad på dag 75 (en torsdag) i tågplan T20. Denna plan skall i en verklig tillämpning av TTRs process baseras på CNA (dvs med input från aktörerna) samt på historiska data vilket inte enbart skall baseras på en dag i en äldre tågplan, men vi använder detta för att illustrera metoden och även visa på hur mycket ställtid som ingår i planen. Ställtiden består väsentligen av skillnaden i hastighet mellan tåglägena samt tåglägen som stannar i t.ex. Hjärup.



Figur 19 Kapacitetsanvändningsplan fördelat på årsvis tilldelning (väsentligen resandetåg), Rolling planning (godståg) samt ad hoc (tjänstetåg). Svart graf är ställtid, dvs tid som konsumeras eftersom trafiken är heterogen med olika hastighet och stoppmönster.

För att åstadkomma Figur 19 har ett generellt tidsfönster på +/- 15 minuter använts kring varje tågläge. Detta bör givetvis anpassas, dels beroende på tågläge (transportläge), dels så att system av tåglägen som ingår i styv tidtabell fördelas likformigt över längre tid (är perioden 15 minuter mellan tåg bör tidsfönster vara +/-7,5 minuter och absolut inte överstiga 7,5 minuter då det överlappar med nästa tågläges tidsfönster i samma system), dels bör långväga tåglägen ha större tidsfönster då dessa oftast kan förskjutas mer än regional- och lokaltåg.

3.3 Att värdera kapacitet i Advance planning

Dagens kapacitetstilldelning karakteriseras av att ”lagt kort ligger”, dvs. om kapacitet allokeras till någon verksamhet (trafik eller banarbete) så görs detta utan större hänsyn till vad som kan komma att sökas därefter. Detta gäller både den årliga processen och korttidsprocessen. Om en sökande önskar kapacitet för trafik så skall, enligt lagen, trafik allokeras så nära den sökandes önskemål som möjligt, i kompromiss med annan trafik i den årliga processen. Således finns egentligen inte incitamenten för att spara kapacitet till efterkommande ansökningar.

Vidare är det svårt att uppskatta vad som kommer att sökas senare, vilket vi rapporterat om i denna rapport. Det är också ett risktagande att undanhålla kapacitet till senare behov då detta inte är i detalj känt. Sådant risktagande gör kommersiella aktörer normalt med möjligheten att göra vinst, den som i konkurrens förutspår marknaden bäst gör störst vinst. Men sådant risktagande är inte naturligt för myndigheten, som tvärtom har monopol på kapacitet och dess tilldelning samt idag inte säljer kapaciteten utan tilldelar denna enligt i förväg uppställda regler (transparens) till marginalkostnad. Det närmaste man kommer idag är kravet på trafikpåverkan då Trafikpåverkande åtgärder (TPÅ) läggs ut i TPÅ-processen och denna värdering kan påverka hur TPÅ:erna förläggs i tid.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

Osäkerhet i underlaget och sannolikheter för attraktiva framtida tåglägen blir således naturliga komponenter i värderingen av både segment och utbud. Å andra sidan skall det sägas att denna osäkerhet finns lika mycket idag, enda skillnaden är att den inte beaktas och därmed skapas ineffektiviteter i tågplanen som samhällsekonomiskt kan vara inte obetydliga. Projektet har synpunkten att det är bättre att acceptera att det finns osäkerheter och söka finna metoder för att hantera dessa än att bortse från att osäkerhet finns i processen.

3.3.1 Kapacitetsstrategi och värdering

I TTR blir det nödvändigt med värdering i flera processteg. Redan i kapacitetsstrategin (X-60 – X-36) sker en motsvarande värdering som i TPÅ-processen då infrastrukturägaren skall värdera olika konfigurationer av arbeten och vilka konsekvenserna blir med omledningar/ändrat segmentering och utbud i grova drag.

För att kunna svara på frågan om vilken trafik som kan tvingas ta annan väg eller i värsta fall ställas in under perioder behövs en värderingsfunktion. Denna värdefunktion som dels skall vara transparent (det är en myndighet som utför den), dels ge ett värdefullt underlag till nästkommande steg, kapacitetsmodellen inklusive Capacity Needs Announcement. Kapacitetsstrategin ligger således som grund för vilken kapacitet som infrastrukturägaren ser finns tillgänglig i kapacitetsmodellen. Här är det viktigt att klargöra vad som avses med ”kapacitet” samt hur denna skall vägas och värderas så att samtliga parter på ett konstruktivt sätt kan uttrycka krav och önskemål samt förstå vad som blir resultatet och vilka restriktioner på kapacitet som det innebär.

En mycket viktig del av kapacitetsstrategin utgör varseblivning mellan infrastrukturägarna om olika kapacitetsrestriktioner som planeras hos angränsande infrastrukturförvaltare. Tanken med kapacitetsstrategin är att redan här skall olika kapacitetsrestriktioner, åtminstone de större, synkroniseras så att internationell trafik påverkas så lite som möjligt. Det är en öppen fråga hur t.ex. värdering av internationell trafik nationell trafik skall värderas: det kan inträffa att kapacitetsrestriktioner behöver kombineras på ett sådant sätt att nationell trafik blir lidande till förmån för bättre lösningar ”på andra sidan gränsen”[51]. Det är en öppen fråga hur denna typ av kolliderande önskemål skall hanteras. Inom TTR ser man att det behövs en s.k. International Leading Entity, ILE, som kan fälla avgöranden, men denne behöver på samma sätt ett regelverk att hålla sig till som är givet på förhand (transparens).

3.3.2 Kapacitetsmodellen

Kapacitetsmodellen (X-36 – X-18) svarar på hur mycket kapacitet som avsätts till respektive segment per avgränsad del av nätverket. För att kunna svara på hur stora respektive segment skall vara måste dels begreppet ”kapacitet” definieras, dels måste detta värderas för att en transparent och icke-diskriminerande segmentering skall kunna göras.

[51] Antag att trafik Malmö-regionen (t.ex. Malmö-Ystad) påverkas indirekt av banarbeten i Köpenhamnsregionen genom att de regionaltåg som kör mellan Köpenhamn och Malmö får annan ”störd” tidtabell. Den samhällsekonomiska kostnaden för banarbetet i Köpenhamn tas då delvis av svenska pendlare mellan Ystad och Malmö.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

Projektet ser att det arbete som presenterats i en separat rapport om mätning av kapacitet[52] kan utgöra en grund i arbetet med kapacitetmodellen då denna representation av kapacitet är frikopplad från ett faktiskt schema dvs kapacitet kan mätas även om möten, förbigångar och korsande tågvägar ännu inte schemalagts.

En kalkyl som värderar segment behöver ta fasta på att det är just segmenten som skall värderas och jämföras mellan varandra. Det är en öppen fråga hur detta skall göras på ett icke-diskriminerande sätt. En första ansats är att värdera de ingående tåglägena i respektive segment och summera dessa. Detta har dock tydliga nackdelar då det ännu inte är känt hur dessa tåglägen schemaläggs, om de ens söks, och hur de interfererar med tåglägen från andra segment på samma infrastruktur (t.ex. ger olika hastigheter upphov till ställtider som ”stjäl” kapacitet). Vidare så är kunskapen om de olika segmentens underliggande osäkerhet olika för olika segment. För t.ex. regional- och lokaltrafik är behoven i termer av antal tåglägen samt var de går ganska säker medan för Rolling Planning är det avsevärt mer osäkert, framför allt flera år framåt i tiden.

Inom varje trafiksegment finns det både förplanerade och ”fri”/oplanerad kapacitet. Det är oklart om värderingen skall skilja sig åt mellan förplanerad och oplanerad kapacitet. Värderingen och schemaläggningen av förplanerade tåglägen måste göras så att dessa är attraktiva för sökanden. Ofta sammanfaller detta med vad som är samhällsekonomiskt effektivt för just detta tågläge men inte alltid. Men den kapacitet som sparas skall för allokering av tåglägen ”fritt” inom segmentet kan leda till märkliga och svårlösta situationer, t.ex. att ingen sökande känner sig attraherad av de förplanerade tåglägena utan samtliga söker fri kapacitet. Ett stort ansvar läggs här på infrastrukturförvaltaren att skapa en process för tilldelning av kapacitet inom segmentet som även den skall vara icke-diskriminerande och leda till samhälls-ekonomiskt effektivt nyttjande av anläggningen.

3.3.3 Utbud

I TTRs tredje huvudsteg för trafiken (X-16 – X-12), då utbudet formas och erbjuds marknaden, måste principer finnas för hur förplanerade tåglägen tilldelas sökande då flera sökt samma katalog-läge. Det kan vara så att detta utgör en utmärkt tillämpning av auktioner[53][54] då detta utgör tydligt definierade tjänster/produkter.

Prioriteringskategorierna är dock inte lämpliga för att slita en tvist om tilldelning av ett förplanerat tågläge. Däremot kan de vara lämpliga för att värdera innehållet i utbudet och ställa nyttan av två prognosticerat attraktiva tåglägen mot varandra. Prioriteringskriterierna värderar nyttan av vad det är värt för samhället att köra ett visst tåg, inte vad det är värt att en viss aktör kör tåget. Således tar prioriterings-kategorierna i sin grundläggande modell överhuvudtaget inte upp till värdering en situation där mer än en sökande finns på samma tågläge. Det närmaste man kan komma idag är att två tåglägen, med samma transportuppgift och med i princip lika

[52] Aronsson, M., (2022). En not om att mäta kapacitet på järnväg. RISE rapport 2022:116

[53] Broman, E., Eliasson, J., A Pricing Mechanism for Sequential Capacity Allocation, artikelutkast erhållet 2022-06-29

[54] Broman, E., Eliasson, J., & Aronsson, M. (2022). Efficient capacity allocation on deregulated railway markets. Journal of Rail Transport Planning & Management, 21. Published. https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2021.100294

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

ankomst- och avgångstid söks då det finns ett tillägg till de grundläggande prioriteringskriterierna kallat ”särskiljning” (se Transportstyrelsens tvistbeslut TSJ 2019-6222[55] samt det tillägg som gjorts i Järnvägsnätsbeskrivningen i bilaga 4B Prioriteringskriterier, *Särskiljning och revidering av prioriteringskategori*[56] som gjorts från och T22).

Vidare bygger Prioriteringskategorierna på att aktörerna själva anger vilken kategori som tågläget tillhör. Då utbudet skapas finns ännu ingen aktör angiven utan tvärtom är tanken att de förplanerade tåglägena skall attrahera sökande att ”boka” de förplanerade tåglägena. Om prioriteringskategorierna används som värderingskalkyl i samband med att utbudet tas fram så måste någon ansätta vilka kategorier som de i utbudet ingående tåglägena har. Närmast till hands är att det är Trafikverket som i så fall ansätter prioritetskategori till förplanerade tåglägen, men det är inte klarlagt hur detta skulle gå till.

Segmentet för årsvis tilldelning består av ”fri” kapacitet, dvs kapacitet som inte är förplanerad. Hur stor andelen fri kapacitet skall vara och vad som motiverar den storleken är också en utmaning. I Europa är det inte helt ovanligt med en stor andel förplanerade tåglägen, i Sverige har vi lag förbjudit förplanerade tåglägen i samband med årlig ansökan (undantaget förplanerade tåglägen i godskorridoren ScanMed RFC). Utmaningarna är således olika i olika länder. Det är dock viktigt att det finns principer för vad som kan erbjudas som förplanerat tågläge och vad som skall ingå i den fria kapaciteten inom ramen för den årliga ansökan. Notera att Rolling Planning utgör ett annat segment med egna principer, och att andelarna tillhöriga respektive segment skall vara fastlagda då utbudet skapas inom ramen för årlig ansökan.

Inom dynamisk prissättning finns metoder för att ”överföra” kapacitet mellan olika segment vilket går under namnet ”theft nesting”. Istället för att fixera klassernas storlek såsom förutsägelsen säger så är det möjligt att dynamiskt ändra klassernas storlek beroende på bokningsläget. Detta kan vara problematiskt i branscher som kräver större hårdvaruförändringar för att öka eller minska en klass (av detta skäl är t.ex. nästan alla hotellrum numera väldigt lika inom samma hotel), men för segmenteringen av järnvägskapacitet är det inget hinder då hårdvaran är samma, järnvägsspåren. Det kan dock vara mer eller mindre dyrbart i termer av ställ- och spilltid att göra plats för ett i sammanhanget udda tågläge bland en mängd enhetliga tåglägen med andra egenskaper.

Det finns en risk för att alla olika uppdelningar av kapaciteten i olika segment, förplanerade respektive oplanerad kapacitet samt tillfälliga kapacitetsrestriktioner leder till ineffektivt utnyttjande om det inte går att följsamt kunna genomföra överflyttning mellan de olika segmenten då situationen över tid ändras.

[55] Transportstyrelsen, Beslut TSJ 2019-6222, https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/jarnvag/jarnvagsmarknaden/tvister/beslut-tsj-2019-6222t.pdf, hämtat 2022-09-30

[56] Järnvägsnätsbeskrivningen T23, bilaga 4B Prioriteringskriterier https://bransch.trafikverket.se/contentassets/a7154cd2d5ca423dacb011e0da75b673/jnb_2023_2022-07-14.pdf, hämtat 2022-09-30

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

3.4 Reservkapacitet och Rolling planning

Reservkapacitet är, enligt järnvägslagen, kapacitet som har reserverats för tilldelning under tågplanens genomförande. Kapacitet skall således reserveras för efterkommande behov som ännu inte är kända men kan prognosticeras uppkomma.

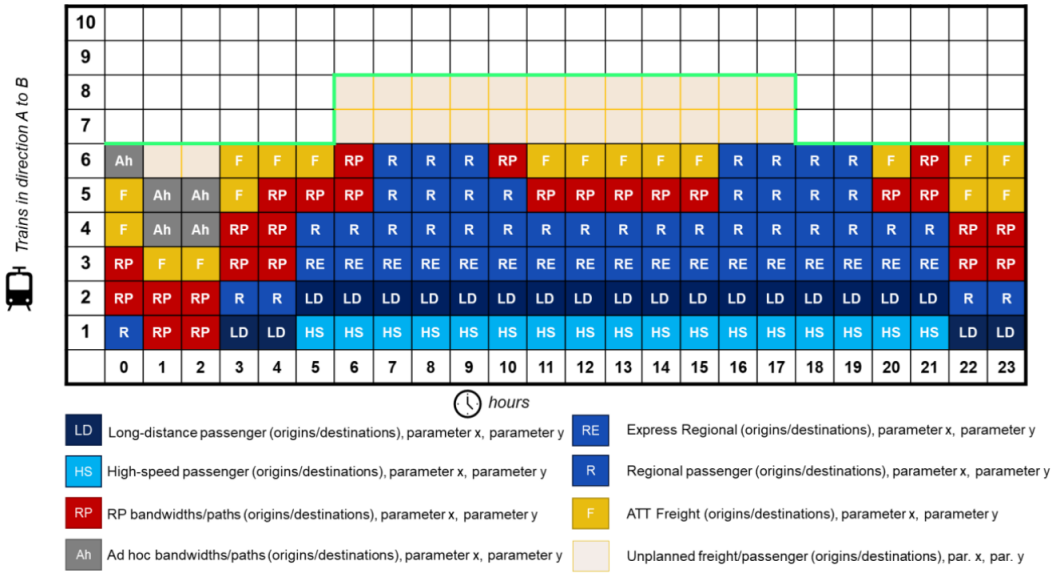
Rolling Planning, RP, i TTRs tänkta framtida tilldelningsprocess är även den tänkt att tilldelas under tågplanens genomförande och även kunna sträcka sig flera tågplaner framåt. RP är tänkt att implementeras med s.k. kapacitetsband där ett visst antal tåglägen reserveras för RP. Det är inte klarlagt hur fixerade dessa tåglägen är, i sin mest detaljerade form kan dessa vara delsträckor (ned till linjedel) av konkreta tåglägen, i sin mest abstrakta form reserveras kapacitet enbart för ett antal tåglägen utan att detaljera hur dessa ser ut eller när de skall avgå.

För att kunna avgöra storleken på den kapacitet som skall reserveras, vare sig det är reservkapacitet eller RP, krävs att omfattningen på reservationen kan avgöras. Att reservera kapacitet som senare inte allokeras men legat i vägen för annan användning tidigare i processen leder inte till samhällsekonomiskt effektiv användning av infrastrukturen. Å andra sidan är inte alla behov kända i samband med den årliga tilldelningen i nuvarande process eller i samband med fixering av utbudet i TTRs process, således behöver det finnas viss kapacitet kvar för framtida behov. Hur stor denna skall vara, var den skall finnas samt representationen av den handlar om att skapa den bästa prognosen för framtiden och att hantera osäkerheter i processen.

Likheterna, och svårigheterna, är likartade mellan RP och reservkapacitet med en stor skillnad: där reservkapacitet uttryckligen skall reserveras för framtida ännu ej känt behov så är stora delar av RP i stor utsträckning prognosticerade behov. Säkerheten i RPs reservation i termer av volym är således säkrare. För båda gäller dock att en viss kapacitet skall reserveras för en avgränsad infrastruktur (linjedel, stråk eller annan avgränsning) för en viss tidsperiod (dels klockslag, dels period).

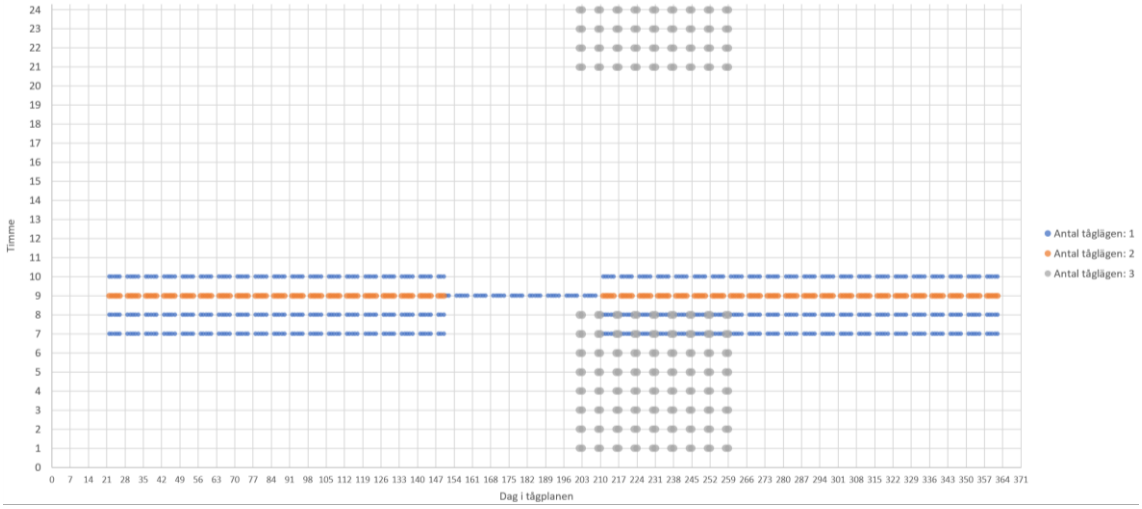
Ett möjligt sätt att åskådliggöra detta ges av hur TTR-projektets kapacitetsmodell redovisas, se Figur 20 där Rolling Planning finns inlagd med 1 till 2 ”Slots” per timme under de flesta av typdygnets timmar. Modellen visar dock enbart ett typdygn under en viss period och inte hela perioden (tågplanen).

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en



Figur 20 Exempel på TTRs visualisering av kapacitetsmodel

Modellen kan kompletteras med en förenklad graf där X-axeln representerar samtliga dagar i tågplanen (perioden) och Y-axeln representerar klockslagen (timmar) under dygnet. I grafen plottas hur mycket reservkapacitet (Rolling Planning-lägen) som reserverats över perioden, där storleken på ”bollen” samt färgen visar på antalet lägen som reserverats den timmen, se Figur 21.



Figur 21 Reserverat antal tåglägen per timme och dag, storlek och färg anger antal lägen

På samma sätt kan segmentet Rolling Planning visualiseras över året.

3.4.1 Reservkapacitet, Rolling Planning och Successiv planering

Med fixerade tidpunkter för samtliga tidtabellpunkter (produktionspunkter) så låses tågplanen upp och reservkapacitet samt RP behöver schemaläggas som reserverade och fixerade tåglägen redan vid årsvis planering. Med tanke på att kännedomen om vad som kommer sökas under tågplaneperioden är svår att förutse är det inte optimalt att reservera kapacitet som fasta tåglägen eller delar av tåglägen. Risken att då gissa fel är

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

överhängande och att de tåglägen och fasta kapacitetsreservationer som skulle läggas in hamnar på fel plats och därigenom stjäl kapacitet på två sätt: dels genom att de ”varit i vägen” vid den årliga tilldelningen för årligt sökta tåglägen som fått göra rum för något som inte nyttjas, dels genom att dessa flyttade årliga tåglägen nu ligger på de platser där de kortidssökta tåglägena ansöks (reservkapacitet är ju bara relevant att introducera där det råder trängsel).

Med Successiv planering skapas mycket större möjligheter att anpassa framtida tåglägen till den ansökan som då görs. Med successiv planering kan dels framtida korttidssökta tåglägen skapas utan att reservkapacitet behöver introduceras, dels om reservkapacitet skall introduceras så kan kapacitetsreservationen uttryckas mer som ett bibehållande av en möjlighet till ett tågläge än att schemalägga det med fasta tider redan vid fastställelsen.

På samma sätt öppnar Successiv planering för fler möjligheter att realisera tåglägen inom TTRs segment Rolling Planning. Genom anpassning av redan befintlig trafik inom ramen för de avtalstider som den har skapas möjligheter för merutnyttjande av infrastrukturen, och förmågan att realisera tåg inom kapacitetsband i segmentet Rolling planning ökas.

Bilaga

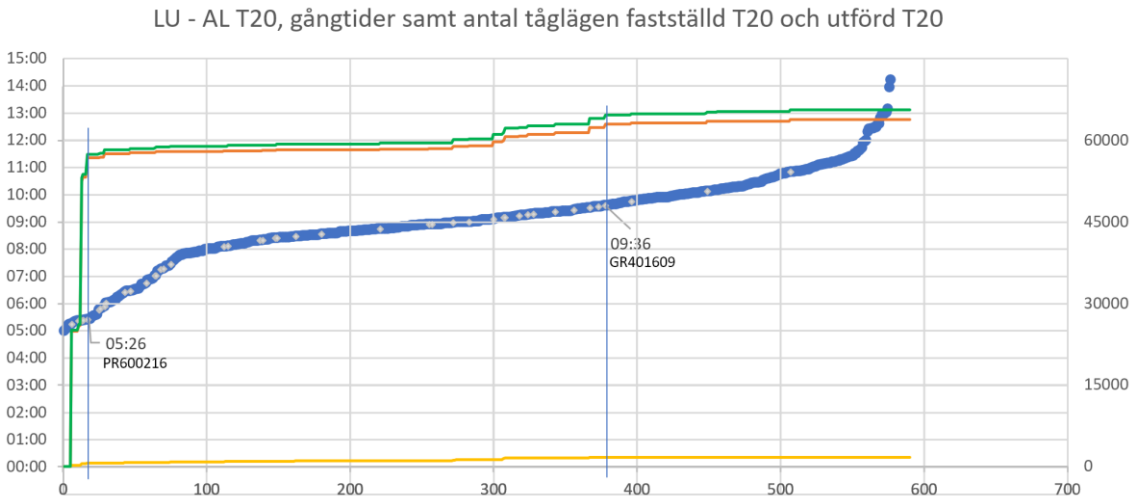
1 Exempel på kapacitetsreservationer

1.1 Identifiera omfattning

Betrakta följande enkla exempel, baserat på T20 och sträckan Lund–Arlöv, LU - AL, i den riktningen (dvs enbart riktningen LU -> AL). Ett exempeltåg för samtliga i Trainplan definierade gångtidsmallar[57] tas fram och sorteras i gångtidsordning för riktningen LU till AL, med start (stillastående) i LU. Resultatet visas i Figur 22, blåa värden. De grå punkterna är i T20 förekommande tåglägen med denna gångtidsmall.

[57] För MPK/TPS kan ett representativt urval av vanligt förekommande sammansättningar av tåg användas (fordonstyp, vikt, hastighet etc).

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en



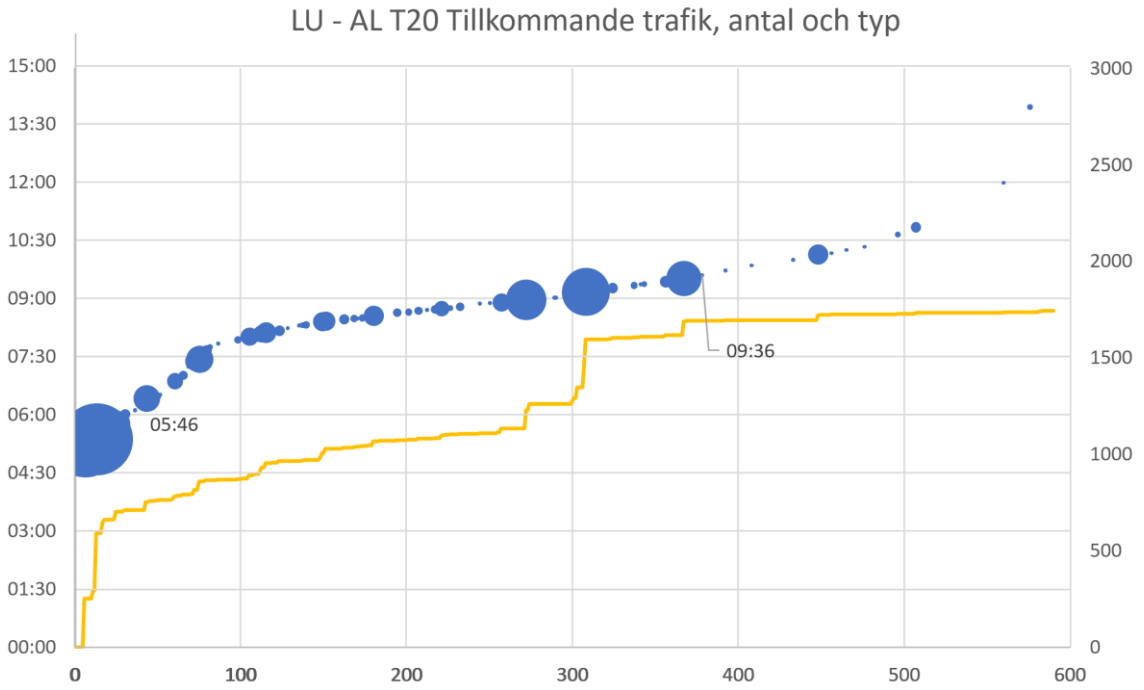
Figur 22 Gångtid som funktion av gångtidsmall samt antal tåglägen (kumulativt) som funktion av gångtidsmall

Därefter läggs antalet tåglägen i fastställd tågplan från respektive gångtidsmall in som en kumulativ graf (dvs varje punkt i grafen innefattar samtliga värden till vänster i kurvan). Detta visas i de övriga kurvorna, för olika urval av tåglägen (fastställt T20 – orange kurva, utförd T20 – grön kurva samt tillkommande trafik T20 – gul kurva). Vi kan då se att det absoluta flertalet tåglägen utförs av snabba resandetåg, de står för ca 57 000 tåglägen av totalt knappt 65 000 tåglägen. Därefter finns det en lite mer markant ökning vid gångtidsmall 300 (vilket motsvarar GT421209) vid ca 9 minuters gångtid för att därefter sakta öka fram till 9:36 och gångtidsmall GR401609. Det finns ett fåtal långsammare tåglägen också, men i exemplet markerar vi 9:36 som gränsen för gångtiden som kan bli aktuell för en kapacitetreservation.

Längst ned i figuren ligger trafik utförd av korttidssökta och tilldelade tåglägen. Denna linje är knappt skönjbar, och det visar sig att korttidssökta tåglägen som andel av totalt utförd trafik enbart utgör 2,66 %.

Figur 23 visar dessa värden i mer detalj. På samma sätt som i den tidigare figuren är traverseringstiden för ett tågläge LU–AL inlagd i storleksordning, alla gångtidsmallar sorterade med kortaste gångtid först (blåa värden). Storleken på respektive ring visar på antalet tåglägen av just den gångtidsmallen. På samma sätt har vi också ritat in den kumulativa kurvan för utförda korttidssökta tåglägen. Det framgår då att relativt sett är det fler korttidssökta långsamma tåglägen än snabbare tåglägen. I snitt är det drygt 8 tåglägen per dag som är kortidståglägen.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en



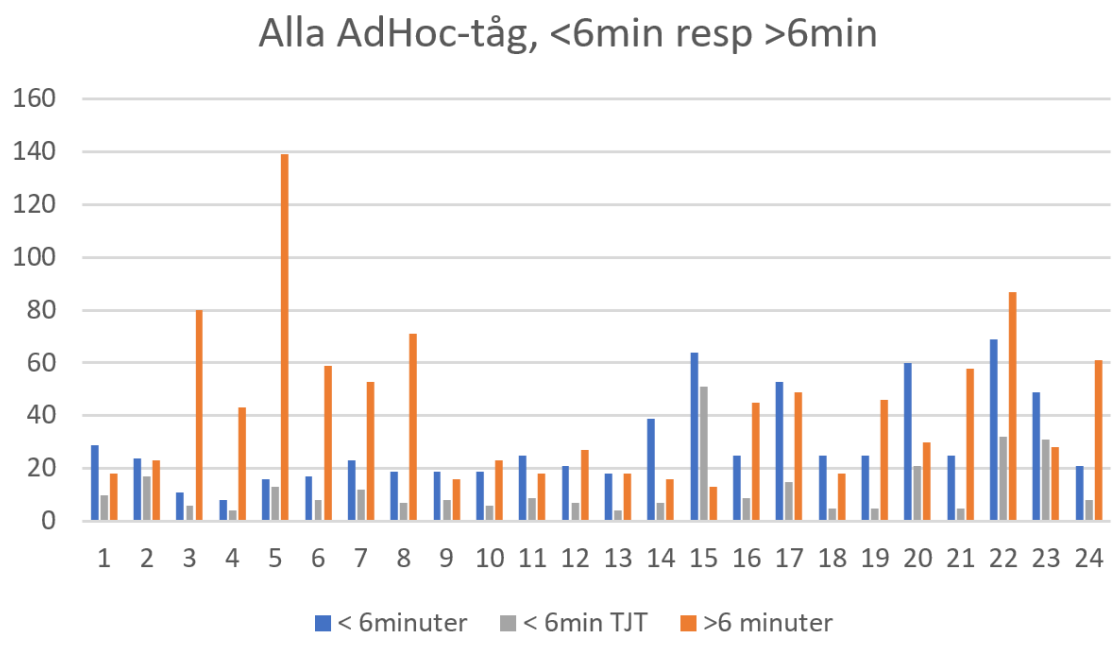
Figur 23 Gångtid (vänster axel) och antal tåglägen (höger axel) som funktion av gångtidsmall, sträckan LU–AL. Storlek på ring för gångtidsmallen indikerar antal korttidståglägen utförda med denna gångtidsmall.

Men i ett vidare perspektiv så är det inte säkert att andelen korttidsutförda tåglägen skulle vara enbart 2,66 %, om det hade funnits reservkapacitet i T20. Eftersom ingen reservkapacitet avsattes i T20 så tilldelades kapacitet under den årsvisa tilldelningen fram till dess att antingen kapaciteten var slut eller alla årsvist sökta tåglägen fått plats med mer eller mindre kompromissande. Det betyder att det mycket väl kan finnas ett dolt behov av kapacitet för korttidsplanerade tåglägen som antingen söktes men nekades kapacitet då det var fullt på sträckan den sökta perioden, eller (än värre) den sökande försökte inte ens då denne visste eller antog att all kapacitet redan var förbrukad och det redan var fullt, därmed fanns det inte någon kapacitet ledig. Således är det riskfyllt, framför allt i nuvarande situation utan någon avsatt reservkapacitet, att basera omfattningen på analyser enbart av äldre tågplaner och deras korttidstilldelade tåglägen. Det är också mycket svårt för infrastrukturägaren att gissa vilken kapacitet som kan vara attraktiv och även meningsfull att avsätta som reservkapacitet, om den inte ens söks. För att avgöra omfattningen av en eventuell avsättning av reservkapacitet behövs därför större kännedom om efterfrågan på korttidssökta tåglägen finnas, samt dess värde för samhället om den utförs så att den kan ställas mot de kostnader som årsvis sökt trafik eventuellt behöver ta för att göra rum för reservkapacitet. Till exempel kan fora såsom CNA i TTR fylla en större funktion även för detta.

Antag att det var lika många tåglägen som antingen nekades tilldelning eller som det fanns en efterfrågan på men aldrig söktes av järnvägsföretaget, då skulle behovet kunna vara 5 % totalt, dvs vart 20:e tågläge, och då skulle det vara motiverat med reservkapacitet.

Ett genomsnittligt dygn för dessa korttidssökta och tilldelade tåglägen ser ut som i Figur 24.

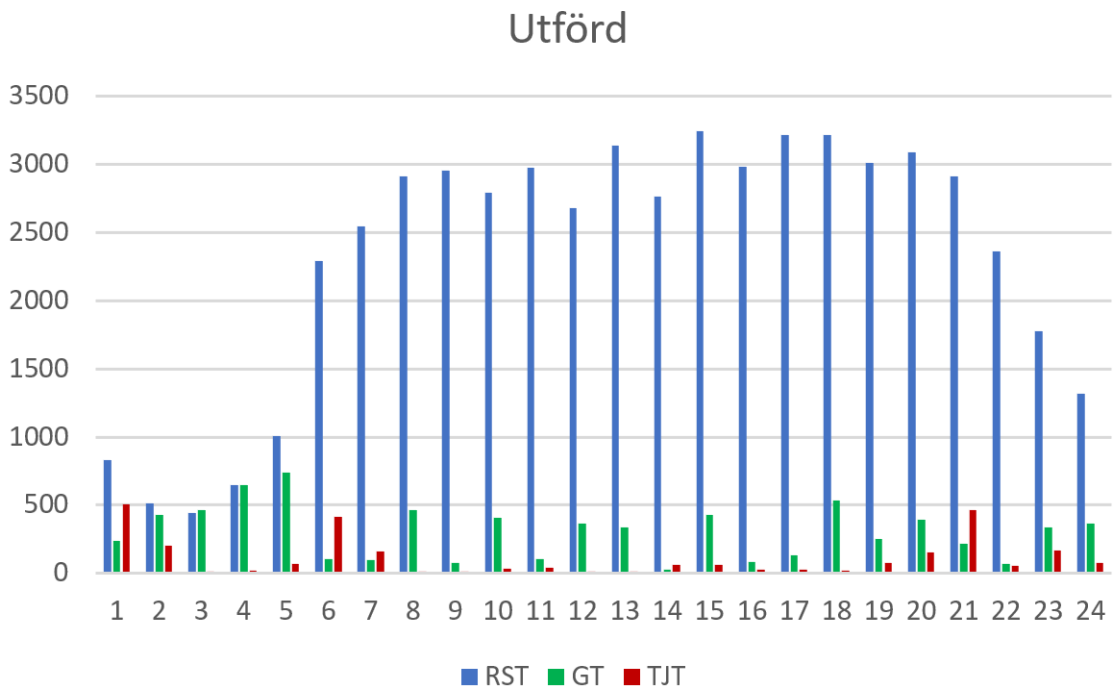
This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en



Figur 24 Samtliga korttidssökta tåglägen fördelade på gångtid större respektive mindre än 6 minuter. Tjänstetåg under 6 minuters gångtid inlagda separat.

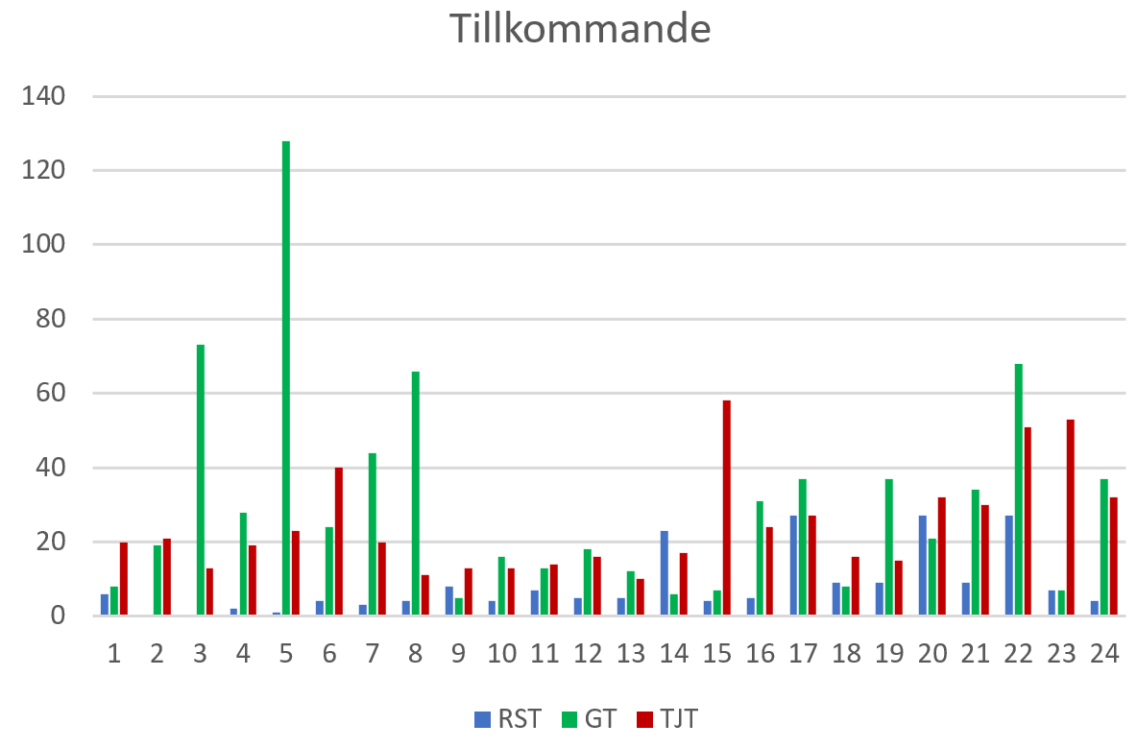
Vi har i stapeldiagrammet lagt in de tjänstetåg som i T20 hade kortare körtid än 6 minuter, huvudsakligen resandetåg, med tanken att dessa skulle kunna ha längre körtid då de inte har en transportuppgift (och således skulle kunna använda kapacitetsreservationer med några minuters längre körtid). Baserat på denna information skulle kapacitetsreservationer kunna läggas in klockan 02:00–05:00. Men det är tveksamt om villkoret på trängsel för att introducera reservkapacitet är uppfyllt, se Figur 25 som visar utförd trafik i T20 på sträckan Lund–Arlöv. Återigen är det värt att detta resonemang utförs på ansökningar som fått tågläge, dvs om trängseln redan var ett faktum vid fastställelse, så har vi i detta data ingen ”representant” för en dold efterfrågan och därmed en utbudsbrist i erbjudandet för korttidssökta tåglägen.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en



Figur 25 Samtliga tåglägen utförda under T20, fördelade på tågtyp

Istället är kl. 14:00–17:00 mer intressant, eftersom det då råder en ökad trängsel och samtidigt kan vi i utförd tågplan se att korttidssökta tåglägen har utförts. Undersöker vi fördelningen av trafiken per tågslag ser den ut som i Figur 26.

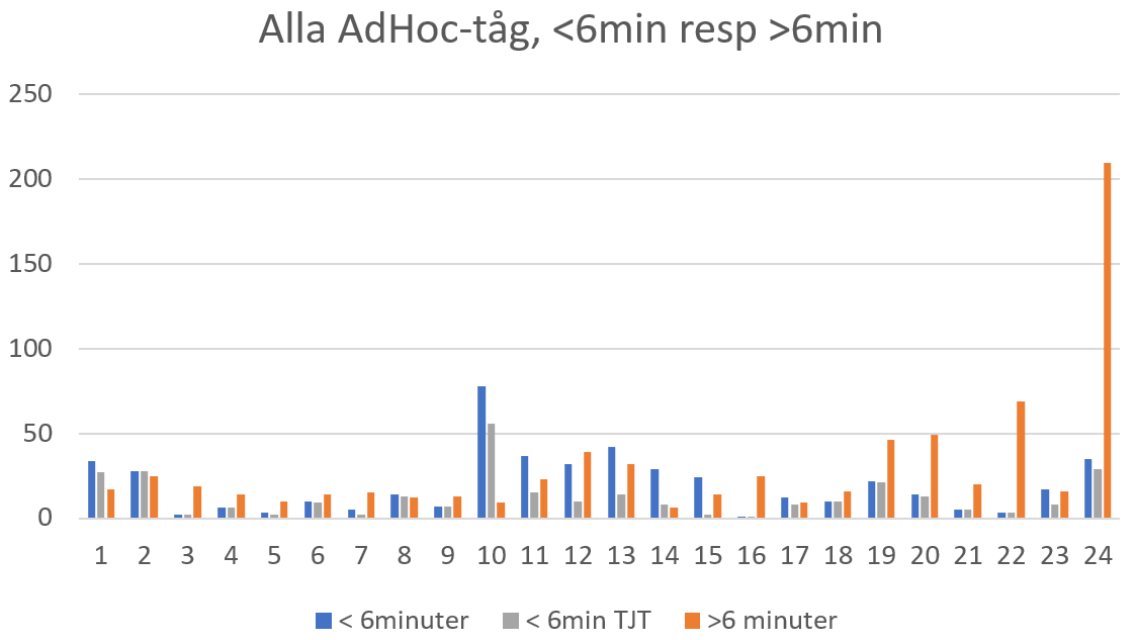


Figur 26 Tåglägen sökta under innevarande T20, fördelat på tågtyp och dygnets timmar, hela T20

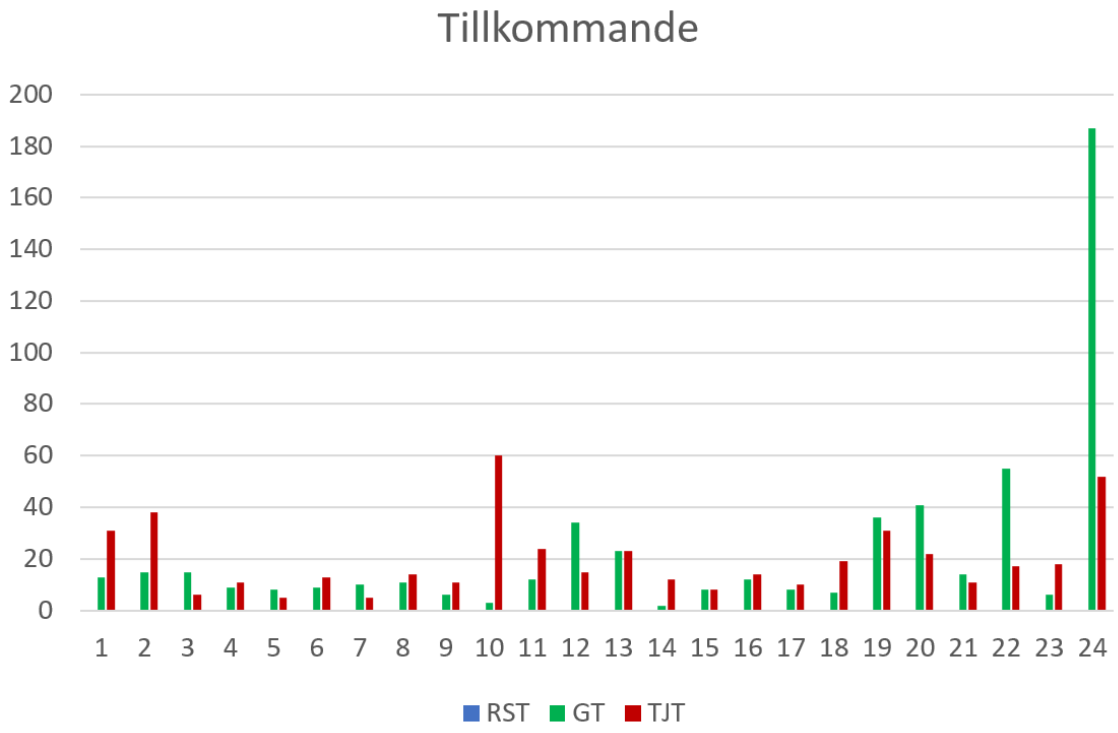
Men, detta kan ju vara ett mönster som enbart fanns T20 beroende på speciella omständigheter i just T20. T20 skapas under 2019, och det material som finns

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

tillgängligt att analysera under Q3 2019 (då förslaget till T20 fastställs) är den genomförda T18. Motsvarande dygnsfördelning för T18 är avsevärt annorlunda gentemot T20, se Figur 27 och Figur 28.



Figur 27 T18 antal tåglägen per timme, 364 dagar, uppdelat på mindre resp. större än 6 minuters gångtid LU–AL



Figur 28 Tillkommande trafik per tågtyp i T18

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

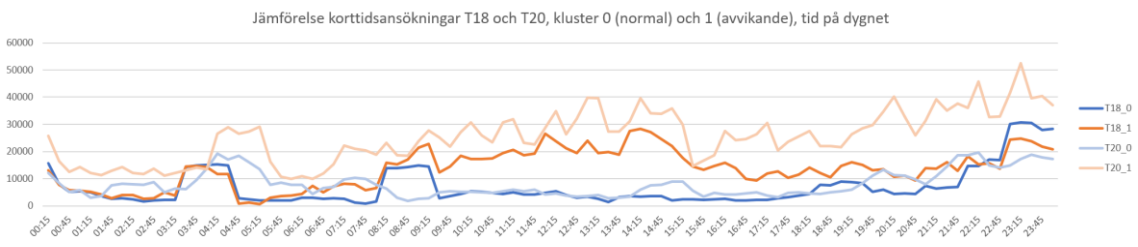
Situationen ser väsentligen annorlunda ut mellan T18 och T20. Detta visar att det är svårt att förutsäga T20 med avseende på tåglägen för resandetåg. Dock är det så att ca 10 % av alla godstågslägen som genomfördes under T20 var korttidståglägen på denna sträcka och riktning. Vidare så var antalet tjänstetågslägen som genomfördes under T20 drygt 450 % av de som fanns i fastställd T20. Mot bakgrund av det så kan det finnas anledning att avsätta kapacitet som passar godståg och som även tjänstetåg för resandetåg kan nyttja. De senare skulle då behöva åberopa association som fordonsförsörjande till ett avgående resandetåg för att få upp värdet på tjänstetåget att överstiga gränsvärdet för kapacitetsreservationen (gränsvärdet för att tilldelas kapacitetsreservationen). Men det går inte att från mönstret i T18 ”se” hur de korttidssökta tåglägena skulle fördela sig mer precist i tid.

1.2 Förutsägelse baserat på tidigare tågplan

Vi har genomfört försök med klustring av tillkommande trafik från korttidsansökningar på samma banavsnitt som i bilaga 1.1. Efter en del prövning med olika antal kluster har vi här begränsat oss till två kluster. I stycke 2.4.1 beskrivs förfarandet i mer detalj.

Vi har gjort detta med samma simulerade scenario som i bilaga 1.1 dvs. då T20 skapas kan erfarenheter från T18 och tidigare dras och användas i konstruktionen av T20. För att se vad träffbilden skulle bli om reservkapacitet avsattes i T20 baserat på T18 har de två tågplanerna ritats i samma diagram i Figur 29.

De två klustren i Figur 29 representerar dels ett norm-fall (blå kurvor), dels de avvikande dagarna (gulröda kurvor). Inte helt överraskande är mängden kapacitet tilldelad i korttidsansökta tåglägen lägre i de normala dagarna än i de avvikande dagarna.

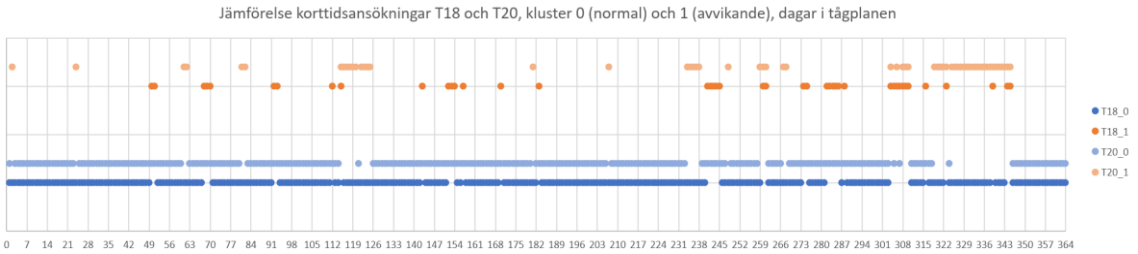


Figur 29 Analys av tidigare tågplan (T18) med avseende på att identifiera tillkommande trafiks placering i tid på banavsnittet LU - AL

Korrelation mellan de mörkare (T18) och ljusare färgade kurvorna (T20) är ganska god även om t.ex. ”puckeln” för T18 (blå kurva) mellan 08:15 och 09:15 inte återfinns i T20. Dessutom är kapacitetsvolymen synbart högre i T20.

I Figur 30 finns inlagt vilka dagar i tågplanen som klassas som normala och vilka som är avvikande (höjden på Y-axeln används enbart för att särskilja kluster 0 och 1 för tågplanerna T18 och T20). Man kan då se att det är svårt att se någon korrelation mellan dagarna. Det är 43 dagar som avviker i T18 och det är 60 dagar i T20. Snittet av de två, dvs avvikande i både T18 och T20, är enbart 12 dagar. Snittet då även de normala dagarna räknas in är 287 dagar eller 79 %.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en



Figur 30 De dagar i tågplanerna T18 och T20 som klassas som normala (blåa) och avvikande (gul-röda)

Hade vi således avsatt reservkapacitet i T20 ”slaviskt” såsom resultatet från analysen baserat på T18 så hade vi visserligen haft rätt i knappt 80 % med avseende på om dagen skulle vara normal eller avvikande. Men vi skulle ha avsatt för lite reservkapacitet med avseende på de avvikande dagarna (de röd-gula kurvorna i Figur 29) samt haft med en ”puckel” mellan 08:15 och 09:15. Detta visar på svårigheten med både att identifiera när på dygnet det framöver finns behov av reservkapacitet samt vilka dagar som reservkapacitet behöver avsättas. Med fler kluster kan givetvis denna analys förfinas men de experiment vi gjort visar på att ytterligare arbete med att förfina metoden behövs om den skall kunna komma i användning för kalibrering av framtida reserv-kapacitet. Det är dock inte omöjligt att detta kan vara grunden för en framtida algoritm och metod för identifiering av reservkapacitet, det krävs dock vidareutveckling av den.

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,800 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 800 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.

RISE Research Institutes of Sweden AB Box 857, 501 15 BORÅS Telefon: 010-516 50 00 E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se	Systems Engineering RISE Rapport : 2022:115 ISBN:978-91-89711-94-5

This work is licensed under CC BY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en