



Framtid med förhinder: Rysk teknisk FoU till 2030

Johan Engvall, Pär Gustafsson
och Carolina Vendil Pallin

FOI-R--5204--SE

OKTOBER 2021

Johan Engvall, Pär Gustafsson och
Carolina Vendil Pallin

Framtid med förhinder: Rysk teknisk FoU till 2030

Titel	Framtid med förhinder: Rysk teknisk FoU till 2030
Title	Trouble Looming: Russian Technical R&D up to 2030
Rapportnr	FOI-R--5204--SE
Månad	Oktober
Utgivningsår	2021
Antal sidor	91
ISSN	1650-1942
Uppdragsgivare	Försvarsmakten
Forskningsområde	Säkerhetspolitik
FoT-område	Inget FoT-område
Projektnr	E13756
Godkänd av	Malek Finn Khan
Ansvarig avdelning	Försvarsanalys

Bild: Bildkälla: TT/ITAR-TASS. Bilden föreställer en Sokol Altius-drönare. Tänkt som ett svar på den USA-byggda *Global Hawk*-drönaren. Tillverkningen började 2021 efter fördröjningar av teknisk art samt ett misstänkt fall av förskingring av statliga medel avsedda för utvecklingsarbetet.

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

Förord

Denna studie är skriven för Försvarsmakten inom projektet Stöd till långsiktiga omvärldsanalyser (SLO). Rapporten ökar förståelsen både av teknikens betydelse för Ryssland som en ledande säkerhetspolitisk aktör och av den globala teknikutvecklingen, vilken under innevarande 2020-tal redan befinner sig i ett avgörande skede. Rapporten utgör även en utgångspunkt för framtida omvärldsanalyser som kombinerar teknik- och säkerhetspolitiska perspektiv.

För att bedöma rysk teknologiutveckling i ett tioårsperspektiv använder rapportförfattarna en metod för motståndarbeskrivning som tidigare tagits fram inom SLO, i rapporten *Metod för framtida motståndarbeskrivning*. Det bidrar till att tydliggöra att politik sätter ramar för teknikutveckling medan teknikutveckling samtidigt kan förändra förutsättningarna för att bedriva politik.

Författarna vill särskilt tacka Martin Kragh vid Utrikespolitiska institutet och Love Alm på FOI som granskade rapporten vid ett seminarium den 29 juni 2021. Ett stort tack går också till Susanne Oxenstierna på FOI, som har granskat de ekonomiska avsnitten och till Tomas Malmlof som bidrog med värdefulla kommentarer.

Under arbetet har författarna dessutom löpande fått god hjälp och goda råd från flera experter på olika tekniska områden, bland annat från Göran Kindvall på FOI. De studier som våra kollegor på olika delar av FOI har skrivit om teknologiutvecklingen har i stor utsträckningen varit förutsättningen för att göra det möjligt att skriva denna rapport. Ett varmt tack går till Lena Engelmärk som bidrog med proffsig layoutstöd när tabeller, figurer och korsreferenser bjöd på utmaningar. Ett stort tack till alla som gjort denna viktiga rapport möjlig.

Niklas H. Rossbach

Projektledare för SLO

Stockholm, 2 december 2021

Sammanfattning

Ryssland har ett system för strategisk planering, i vilket planer för teknikutveckling ingår. Inom ramen för denna planering sker också prioriteringar och avvägningar. Landets vetenskapliga bas är grunden för framtida teknikutveckling och den byggde 2021 fortfarande på ett arv från Sovjettiden. Utmaningen består i att modernisera denna bas, men i tidsperspektivet 2030 räcker den fortfarande för att Ryssland ska kunna satsa på prioriterade segment inom större teknikområden.

Landets nationella säkerhet står i centrum när Ryssland prioriterar mellan olika behov. Teknikutveckling inom militära eller säkerhetsrelaterade områden är därmed i fokus även i ett tioårsperspektiv. Det innebär att teknikutveckling inom den civila sektorn för att utveckla kommersiella tillämpningar och behovet av internationellt samarbete ofta får stå tillbaka. Staten och dess intressen och säkerhet, samt nationell suveränitet och militär makt står i fokus.

Ryssland kommer inte att bli en teknologisk ledare globalt. USA och Kina ligger långt före och det finns inga tecken på att Ryssland avser att drastiskt öka satsningarna på FoU och på innovation. Dock kan Ryssland även fortsatt ligga långt framme i prioriterade tekniksegment. Ryssland kan dessutom kompensera för det faktum att man inte ligger först i teknikutvecklingen genom att snabbt införliva ny teknik i militär taktik och doktrin.

Nyckelord: Ryssland, FoU, teknikutveckling, innovation, strategisk planering

Summary

Strategies and roadmaps for technical development constitute part of Russia's system for strategic planning. The attendant decisions will result in forming Russia's future scientific base in a ten-year-perspective. In 2021, this was still very much a Soviet-era scientific base. Modernising Russia's scientific base will be a challenge, but up to 2030 the Soviet legacy will be enough to develop prioritised segments of different technologies.

National security is the focus in Russian decision-making. This in turn means that technical development within the military or security-related sectors will continue to be a priority in a ten-year perspective. Technical development within the civilian sector, as well as finding commercial applications, will continue to be in second place. Furthermore, international cooperation will suffer. The state, its interests and security, in terms of national sovereignty and military power, is key to Russia's political leadership.

Russia will not become a global technological leader across the board. The US and China are ahead and there is no sign that Russia is about to increase the resources devoted to R&D or take the necessary measures to stimulate civilian innovation. However, up to 2030 Russia will continue to be prominent in prioritised segments of technology. In addition, Russia can compensate for not being first with the latest by being quick in incorporating new technology into military tactics and doctrine.

Keywords: Russia, R&D, technology development, innovation, strategic planning

Innehåll

1	Inledning	8
1.1	Syfte och frågeställningar	10
1.2	Avgränsningar	10
1.3	Rapportsammanfattning och läsanvisningar	11
2	Metod	13
2.1	Begrepp	13
2.2	Källor	15
2.3	Utvecklingsnivåer för olika typer av teknologier	16
3	Rysk strategisk planering och prioriterad teknik	18
3.1	Ryska strategier, planer, framtids-bedömningar	18
3.2	Militär planering	20
3.3	Prioriterad teknik	23
4	Rysk teknisk FoU	26
4.1	Vetenskaplig bas	26
	Investeringar i FoU	28
4.2	Civil teknisk FoU	31
4.3	Militär teknisk FoU	34
	Ny forskningsinfrastruktur för framtida vapensystem	35
	Robotik och autonoma system	37
	Slagfältets roll i FoU-processen	39
5	Ryska planer för teknisk FoU till 2030	42
5.1	Vetenskaplig bas mot 2030	42
	Framtida investeringar i FoU	43
	Förutsättningar för rysk teknikutveckling	46
5.2	Milstolpar och vägvisare inom digitala teknologier	47
	Elektronikindustrin mot 2030	48
	Handlingsplanerna för "digitala tvärteknologier"	50
5.3	Kullkastare	63
6	Rysk teknisk FoU – militära konsekvenser mot 2030	65
6.1	Studiens frågeställningar	65
6.2	Övergripande slutsatser	66
	Referenslista	69
	Litteratur	69
	Putins linjetal:	86
	Ryska lagar, doktriner, strategier och planeringsdokument	87
	Appendix Tabell 9. Satsningar på FoU som andel av BNP	91

Tabeller

Tabell 1. Jämförelse mellan TRL och Rysslands system för mognadsgrad, UGT.	17
Tabell 2. Hållpunkter i processen för Statliga beväpningsplanen 2023–2033.	22
Tabell 3. Jämförelse av indelning i teknologier - Ryssland, Nato, FOI	25
Tabell 4. Exempel på milstolpar i Strategin för utveckling av elektronikindustrin till 2030.	49
Tabell 5. Handlingsplaner för digitala tvärteknologier till 2024	51
Tabell 6. Exempel på milstolpar inom handlingsplanen för robotteknik- och sensorkomponenter 2018–2024.	58
Tabell 7. Exempel på milstolpar ur handlingsplanen för distribuerade liggare 2019–2024. .	59
Tabell 8. Vägsiare som indikerar kullkastare av rådande utvecklingstrend	64
Tabell 9. Satsningar på FoU som andel av BNP för Ryssland, USA, Kina, Sverige och OECD-genomsnittet, 2000–2019 (%)	91

Figurer

Figur 1. Satsningar på FoU som andel av BNP för Ryssland, USA, Kina, Sverige och OECD-genomsnittet 2000–2019 (köpkraftsanpassade).....	29
Figur 2. Satsningar på FoU i Ryssland, USA, Kina och Sverige, 2000-2019 (köpkraftsanpassade).	30
Figur 3. Åldersfördelning på ryska forskare 2019.	43
Figur 4. Budget för det statliga programmet för vetenskaplig och teknisk utveckling 2019–2030 .	44

Förkortningar

Förkortning	Engelsk/ryska uttydning	
3G		tredje generationens mobilnätverk
4G		fjärde generationens mobilnätverk
5G		femte generationens mobilnätverk
AI		artificiell intelligens
ANO	<i>avtonomnaja nekommertjeskaja organizatsija</i>	autonom, ej kommersiell organisation
AR	<i>augmented reality</i>	förstärkt verklighet
BNP		bruttonationalprodukt
FoU		forsknings och utveckling
FPI	<i>Fond perspektivnykh issledovanij</i>	Fonden för avancerad forskning
FSO	<i>Federalnaja sluzjba ochrany</i>	Federala skyddstjänsten
GOZ	<i>gosudarstvennyj oboronnyj zakaz</i>	Statliga försvarsbeställningen
GP NTR	Gosudarstvennaja programma Rossijskoj Federatsii "Nautjno-technologitjeskoje razvitije Rossijskoj Federatsii"	Statligt program för vetenskaplig-teknologisk utveckling
GPV	<i>gosudarstvenna programma vooruzjenija</i>	beväpningsplanen
IKT		informations- och kommunikationsteknologier
IoT	<i>internet of things</i>	sakernas internet
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>	
LI-FI	<i>Light WI-FI</i>	
LP WAN	<i>low power wide area network</i>	
LTE	<i>long term evolution</i>	Utveckling av 3G
MRT		magnetisk resonans-tomografi (ofta benämnt "magnetröntgen")
NIOKR	<i>nautjno-issledovatel'skije i opytno-konstruktorskije raboty</i>	forskning och utveckling
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>	
PAN	<i>personal area network</i>	
Rosatom		Ryska atomenergimyndigheten
Roskosmos		Ryska rymdmyndigheten
Skoltech	<i>Skolkovo Institute of Science and Technology</i>	
SSD	<i>solid-state drive</i>	SSD-minne
STsT	<i>skvoznaja tsifrovaja tehnologija</i>	digital tvärteknologi
TRL	<i>technology readiness level</i>	teknologins mognadsgrad
UAV	<i>unmanned aerial vehicle</i>	obemannad luftfarkost (drönare)
UGV	<i>unmanned ground vehicle</i>	obemannad markfarkost
UGT	<i>uroven gotovnosti tehnologii</i>	teknologins mognadsgrad
UX	<i>user experience</i>	användarerfarenhet
VPK	<i>Vojenno-promyslennaja komissija</i>	Militärindustriella kommissionen
VR	<i>virtual reality</i>	virtuell verklighet
VSAT	<i>very small aperture terminal</i>	
WAN	<i>wide area network</i>	
WI-FI	<i>wireless fidelity</i>	
WLAN	<i>wireless local area network</i>	

1 Inledning

Att halka efter teknologiskt, att vara beroende, innebär mindre säkerhet och minskade ekonomiska möjligheter för landet, och som ett resultat av detta – att landet förlorar sin suveränitet.

Vladimir Putins årliga linjetal till parlamentet den 1 mars 2018.

Sedan länge är Rysslands ambition att vara en världsmakt att räkna med både politiskt och militärt. Av den anledningen är teknisk utveckling en ödesfråga för Rysslands politiska ledning som vill använda bl.a. teknik- och forskningspolitiken för att öka statens handlingsfrihet, säkerhet och suveränitet. Handlingsfriheten kan t.ex. ökas genom att teknisk utveckling leder till en starkare ekonomi och även en positiv image för Ryssland internationellt. Säkerhet kan uppnås genom framgångar inom militärteknisk utveckling som möjliggör en transformering av rysk militär förmåga, samt utveckling av teknik för t.ex. inhemsk övervakning i antiterror-syften. Suveräniteten ökas hos staten genom att Ryssland utvecklar inhemska tekniska lösningar och därmed blir mindre beroende av utländsk teknologi.

En säkerhetsrelaterad agenda driver på rysk teknisk forskning och utveckling (FoU). I ett dokument från 2016, *Strategi för vetenskaplig och teknisk utveckling i Ryska federationen*, beskrivs två alternativ för framtiden: Det första är import av teknologi vilket tolkas av den ryska sidan som ett tecken på beroende. Det andra, som den ryska politiska ledningen har valt att sikta mot, är att uppnå en ledande roll inom utvalda teknikområden. Denna målsättning ”förutsätter att de rådande negativa tendenserna övervinns” och att både de statliga och privata sektorerna för forskning och utveckling och innovation omstruktureras. Därtill krävs en ökad budget för forskning och utveckling i relation till landets bruttonationalprodukt (BNP) och ett närmande till de nivåer som råder i andra vetenskapligt och tekniskt utvecklade länder.¹

Vladimir Putin utropade 2021 till Vetenskapens och teknikens år i Ryssland vid ett årligt möte på Moskvauniversitetet i slutet av 2020.² I det råd som organiserar Vetenskapens och teknikens år ingår alla betydelsefulla personer på området: Ministrar, högt uppsatta tjänstemän inom Presidentadministrationen, ordföranden i Ryska vetenskapsakademien, rektorer för universitet, myndighetschefer och direktörer vid framstående vetenskapliga institut.³

¹ Strategi för vetenskaplig och teknisk utveckling, presidentdekret nr. 642, 1 december, 2016.

² Presidentdekret om Vetenskapens och teknologins år, nr. 812, 25 december 2020.

³ Direktiv från Presidentadministrationen, nr. 976-r, 25 december 2020.

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna rapport är att undersöka tillståndet inom rysk teknisk FoU. Den föreslår även ett sätt att identifiera tecken på trendbrott i bedömningen av rysk militär teknikutveckling i ett tioårsperspektiv. Studien kommer därmed att kunna utgöra ett delunderlag i bedömningen av Rysslands produktionskapacitet vad gäller militär förmåga (se vidare under Metod, kapitel 2). Den ska kunna användas som underlag i spel, såväl krigsspel som spel som rör hypotetiska strategiska beslut om t.ex. satsningar inom militär materiel. Studien kan även ligga till grund för framtagande av scenarier och tjäna som underlag i studier som även väger in ekonomisk och samhällelig utveckling. Studien är inte en heltäckande analys av alla teknikområden, men kan bidra till att stärka samarbetet mellan säkerhetspolitisk och teknisk forskning. Områden som författarna och experter bedömer som viktiga har lyfts fram – och exempel på milstolpar i planeringen samt vägvisare som indikerar utvecklingen fram till 2030 (se Begrepp, kapitel 2).

För att undersöka rysk teknisk FoU i ett tioårsperspektiv fokuserar rapporten på att besvara följande övergripande forskningsfråga:

Hur ser den ryska vetenskapliga basen och teknikutvecklingen ut 2021 och hur kan utvecklingen mot 2030 förväntas se ut?

För att hantera denna övergripande fråga med god precision tar rapporten hjälp av följande sex delfrågor:

- Hur planeras och prioriteras teknologiutveckling i Ryssland?
- Vilken vetenskaplig bas existerar för teknikutvecklingen?
- Vilka teknologier prioriterar Ryssland till 2030?
- Vilka möjligheter och svårigheter existerar och hur sannolikt är det att Ryssland kan övervinna dessa i ett tioårsperspektiv?
- Finns det vägvisare som kan ge en förvarning om kvantitativa eller kvalitativa genombrott?
- Vilka ”kullkastare” kan finnas på vägen?

1.2 Avgränsningar

De flesta teknologier kan på ett eller annat sätt ha en viss effekt på militär förmåga och funktioner i ett tioårsperspektiv. Denna studie fokuserar dock på en handfull teknologier som har valts ut på basis av att de ofta nämns i rysk och internationell litteratur som ”kritiska” för militär utveckling, men också därför att de figurerar i de satsningar som den ryska regeringen gör i ett tioårsperspektiv. Det handlar om teknologier som på engelska ofta beskrivs med adjektiven *critical* eller *disruptive*; i Ryssland används såväl *krititjeskaja* (kritiska) som *proryvnaja* (banbrytande, *disruptive*) och även det mer svåröversatta *skvoznaja* (tvärgående, *cross-cutting*,

convergent) som används primärt om informations- och kommunikationsteknologier (IKT).⁴ I rapporten översätts dessa som ”digitala tvärteknologier”. En bärande tanke bakom att ta fram dokumenten om digitala tvärteknologier har från rysk sida varit att olika IKT är beroende av varandra för att nå framsteg.

Publicerade handlingsplaner för militära teknikområden finns inte att tillgå. För att kompensera denna brist fokuserar studien därför på digitala teknologier i kapitel 5 eftersom det är ett område som ofta anges som Rysslands svaga punkt vad gäller teknologiutveckling. De är goda indikatorer på om Ryssland lyckas etablera nästa vetenskapliga bas för framtida teknologiutveckling och ersätta den sovjetiska bas som militär FoU hittills byggt på.

Denna rapports inriktning mot att kartlägga Rysslands huvudsakliga strategier, planer och prioriteringar för teknisk FoU och dess möjliga implikationer för militär produktionskapacitet i ett tioårsperspektiv innebär att djupanalyser av specifika teknologier får stå tillbaka till förmån för en mer heltäckande genomgång av prioriterade teknologier. Därmed har vissa teknologiområden som den ryska ledningen prioriterar och som har tydlig bäring på framtida militär förmåga, t.ex. rymden och bioteknologi, avgränsats bort. Dels sker detta av forskningsekonomiska skäl – det är stora teknologiområden och allt ryms inte inom ramen för denna studie. Dels har tidigare FOI-studier behandlat dessa områden, t.ex. Sandra Lindströms *Omvärldsanalys Rymd 2020* och Roger Roffeys *Biotechnology in Russia*.⁵

1.3 **Rapportsammanfattning och läsanvisningar**

I kapitel 2, Metod, utvecklas det ramverk som studien lutar sig mot för att analysera tillståndet inom rysk teknisk FoU och dess framtida militära implikationer. I detta kapitel diskuteras den tekniska utvecklingsnivåns betydelse för ett lands produktionskapacitet och i förlängningen militär förmåga. Kapitlet introducerar och definierar även de centrala begrepp som bistår studien samt resonerar kring det källmaterial som studien bygger på.

I kapitel 3, Rysk strategisk planering och prioriterade teknologier 2021, beskrivs hur Ryssland utvecklar strategier, planer och framtidsbedömningar samt hur detta relaterar till rysk FoU. Detta kapitel redovisar också de officiella teknologiska prioriteringar som finns att tillgå i öppet material. Kapitlet svarar på frågan hur teknologiutveckling planeras och ger en första inblick kring frågan om vilka teknologier som är prioriterade.

⁴ I en rapport om framtida vetenskaps- och teknologiutveckling definierade Nato teknologier som *emerging* (inte ännu i bruk, mognad inom närmaste tjugo åren); *disruptive* (stor eller revolutionerande effekt på militära funktioner inom Nato de närmaste tjugo åren); och *convergent* (en kombination av teknologier som ger en effekt som är *disruptive*), NATO Science & Technology Organization (2020), s. 6.

⁵ Se t.ex. Lindström, Sandra m.fl. (2021); Roffey, Roger (2010).

Kapitel 4, Rysk FoU på det teknologiska området 2021, beskriver hur civil och militär FoU, har utvecklats fram till 2021. Det diskuterar också i viss mån vilka framtidsutsikter och utmaningar som föreligger för Ryssland på området. Här besvaras således frågan om vilken vetenskaplig bas som existerar för rysk teknikutveckling.

Kapitel 5, Ryska planer till 2030, beskriver mer i detalj ett urval av de planer som finns att tillgå för rysk teknikutveckling i ett fem–tio-årsperspektiv. Framför allt ligger fokus på de planer som tagits fram för det digitala området och mikroelektronikindustrin. Kapitlet identifierar vägvisare som skulle kunna utgöra en förvarning om kvantitativa eller kvalitativa genombrott. Kapitlet analyserar vidare strukturella svårigheter och möjligheter till rysk teknisk utveckling, milstolpar samt investeringar i FoU. Det svarar därmed på frågan om vilka strukturella möjligheter och svårigheter som existerar och hur sannolikt är det att Ryssland kan övervinna eller utnyttja dessa i ett tioårsperspektiv.

I kapitel 6 presenteras studiens slutsatser. Analysen av dagens situation fogas här samman med kartläggningen av ryska planer och prognoser i en övergripande bedömning av rysk teknikutveckling till 2030. I slutsatserna diskuterar studien vilka konsekvenser rysk övergripande FoU-utveckling har för det militära området mot 2030.

2 Metod

Startpunkten för metodutveckling i rapporten är analysramverket i FOI-rapporten *Metod för framtida motståndarbeskrivning*.⁶ Syftet med metoden är att möjliggöra framtidsstudier av en tänkbar motståndares militära förmåga på 25 års sikt. Metoden grundas i insikten att det är av stor vikt att försöka beskriva den militära produktionskapaciteten, det vill säga, vilka möjligheter och begränsningar som en statlig aktör har för att t.ex. producera krigsmateriel, rekrytera personal och sätta upp operationella förband.

Metoden tar fasta på tre centrala bakgrundsfaktorer – samhälle, ekonomi, och teknik – som gränssättande för en stats militära produktionskapacitet. Historiska trender inom dessa områden används för att med försiktighet göra rimlighetsbedömningar av hur trenderna in i framtiden kan se ut.

Genom att kartlägga rysk teknisk utveckling idag och fram till 2030 bidrar den här rapporten med en undersökning av rysk militär produktionskapacitet.

2.1 Begrepp

En rad begrepp är av central betydelse både för rapportens metodutvecklande ambition och för den empiriska analysen. I detta avsnitt definieras och diskuteras innebörden av dessa begrepp för den föreliggande studien.

Kullkastare

Begreppet ”kullkastare” är valt därför att det möjliggör att i tal och skrift lätt uttrycka budskapet att en viss faktor (en kullkastare) kan förändra de trendlinjer som dras ut mot framtiden, t.ex. inom rysk teknisk utveckling. Definitionen av begreppet är:

..en händelse eller process som ändrar förutsättningarna och spelplanen på ett avgörande sätt
[...] En kullkastare kan vara överraskande eller förutsägbart men med överraskande konsekvenser.⁷

För att ta ett exempel, om vi antar att den rådande trenden av personalflykt (*brain-drain*) från ryska forskningssektorn fortsätter så kan en kullkastare vara en faktor som radikalt förändrar denna process, såsom att rysk FoU får väsentligt ökade resurser under en längre period eller att Rysslands teknologiska samarbete med Kina skulle antingen fördjupas eller avbrytas p.g.a. en geopolitisk konflikt. Att medvetandegöra att ens antaganden om framtida trender kan komma att kullkastas, endera i positiv eller i negativ bemärkelse, är sannolikt ett av de rimligaste sätten för att undvika misstaget att börja tro att ens slutsatser faktiskt är prognoser eller målbilder som, i det här fallet, Ryssland rör sig mot.

⁶ Gustafsson, Pär (2021).

⁷ *Ibid.*

Vägvisare

I den här rapporten vidareutvecklas och specificeras kullkastarbegreppet genom så kallade vägvisare (*signposts*). En vägvisare är ett tecken, t.ex. i form av att en milstolpe uppnås eller missas på att en kullkastare är på väg att ske. En vägvisare kan också vara att ett eller flera avtal om omfattande tekniska samarbeten sluts mellan ryska och kinesiska statliga företag. Rapporten fokuserar på att identifiera vägvisare som kan få långtgående konsekvenser (resultera i kullkastare) som påverkar den vetenskapliga basen. Ett krig, klimatförändringar eller pandemi får också kullkastarkonsekvenser, men de påverkar även andra faktorer, som ekonomisk bas och potentiellt även politiskt system. De behandlas därför inte i rapporten.

Vetenskaplig bas

I rapporten används vidare begreppet ”vetenskaplig bas”.⁸ Varje utvecklat land har en vetenskaplig bas som är summan av arvet från tidigare investeringar i vetenskap och dagens investeringar i pågående projekt. Vetenskap är inte bara en abstrakt metod för kunskapsproduktion, utan består av människor, kunskaper och forskningsinfrastrukturer. Exempel på forskningsinfrastrukturer, enligt Vetenskapsrådet i Sverige, är ”databaser, forskningsanläggningar, biobanker och storskaliga beräkningsverktyg”.⁹ I den här rapporten talas bl.a. om forskningscenter, forskningsinstitut, och konstruktionsbyråer som exempel på forskningsinfrastrukturer.

Människorna i den vetenskapliga basen är forskare på olika nivåer och med olika kvalifikationer, samt även studenter som avancerar i utbildningssystemet mot att bli en fullvärdig del av den vetenskapliga basen. Om framtidsutsikterna och arbetsvillkoren är attraktiva kommer kunskap och kunnande att reproduceras och expandera och den vetenskapliga basen stärks.¹⁰

Forskning och utveckling (FoU)

Kvalitén på den vetenskapliga basen är avgörande för ett lands konkurrenskraft inom forskning och utveckling. FoU-kedjan, på ryska benämnd *nautjnoissledovatel'skije i opyt'no-konstruktorskije raboty*, NIOKR, består av tre komponenter – grundforskning, tillämpad forskning och (experimentell) utveckling. Med grundforskning avses uppbyggnaden av ny kunskap som inte primärt har direkta praktiska eller kommersiella tillämpningsområden för ögonen. Tillämpad forskning inriktas istället mot ett specifikt praktiskt mål och utförs i regel på uppdrag av en kund, t.ex. en offentlig myndighet eller ett företag. Experimentell utveckling innebär försök att omsätta forskningsbaserad kunskap och praktisk erfarenhet i

⁸ *Ibid.*

⁹ För en utförlig definition av forskningsinfrastruktur, se Vetenskapsrådet (2018).

¹⁰ Gustafsson, Pär (2021).

utvecklandet av prototyper som i slutändan kan gå till produktionsstadiet.¹¹ FoU-processen anknyter till temat teknologisk utvecklingsnivå, som diskuteras utförligt i kapitel 3.

Teknologi och teknik

Begreppet ”teknik” avser i rapporten specifika tekniska lösningar och processer medan ”teknologi” avser vetenskapen om en viss typ av teknik, dvs. hur den framställs, fungerar och kan användas. I praktiken överlappar dock begreppen varandra och vad som avses torde framgå av sammanhanget.¹² Överlappningen är ännu vanligare i ryska språket. På ryska förekommer framför allt *technologija* som kan översättas med antingen teknik eller teknologi. Det är vidare värt att nämna att det ryska ordet *tehnika* visserligen kan avse teknologi men har framför allt andra mer avlägsna betydelser, t.ex. teknik i betydelsen metod eller färdighet, eller kombinationen *vojennaja tehnika* som betyder krigsmateriel.

2.2 Källor

Den här rapporten är baserad bl.a. på ett källmaterial bestående av ryska officiella dokument: strategiska dokument, planer, program och prognoser samt uppföljningar i form av t.ex. regeringens rapportering om vilka mål som uppnåtts och hur stora budgetmedel som har förbrukats. Det innebär att studien i mångt och mycket återspeglar den ryska regeringens målsättningar på området vetenskaplig och teknisk utveckling.

Även om rapporten gärna hade fokuserat på rysk militär planering är det, av förståeliga skäl, såsom rysk sekretess, inte möjligt. Men genom att undersöka civil planering, dvs. den teknik- och forskningspolitiska processen till 2024 respektive 2030 i kapitel 5 blir det möjligt att skymta konturerna även av den militära planeringen. Det är i varje fall det bästa som går att åstadkomma med öppna källor.

Dessutom används FOI-rapporter om teknisk utveckling, t.ex. *Militärteknik 2045: Ett underlag till Försvarsmaktens perspektivstudie*, liksom även rapporter från Nato som utgångspunkt för att välja ut teknologier för djupare analys.¹³ I vissa fall kan en historisk tillbakablick på tidigare regeringsstrategiers målsättningar och på tidigare investeringsgrad i FoU också ge en god inblick i hur sannolikt det är att Ryssland når sina mål på området samt vilka problem som tidigare har visat sig svåra att lösa ut.

Officiellt tillgängliga ryska dokument avslöjar en rik bild av styrningens realiteter och även av rivalitet mellan olika fraktioner inom byråkratin samt tecken på byråkratisk inkompetens. Det finns med andra ord goda skäl att studera

¹¹ OECD (2015) *Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*, ss. 44–45.

¹² Se ordet ”Teknik” i Svenska akademins ordlista, t.ex. uttrycket ”teknikens landvinningar”. Jämför med ”teknologi”, i första hand ”vetenskapen om teknik”.

¹³ Kindvall, Göran; Lindberg, Anna, red. (2020); NATO Science & Technology Organization (2020).

officiella ryska dokument.¹⁴ Att enbart lita sig mot officiella dokument innebär samtidigt att vissa problem riskerar att förbli dolda. För att fördjupa och nyansera den bild som ryska myndigheter ger studeras därför även publikationer av ryska och internationella experter samt rysk medierapportering om vetenskap och teknisk utveckling.

Eftersom ryska dokument är en viktig bas i rapporten anges dessa löpande i svensk översättning både i text och i fotnoterna. Av denna anledning är referenslistan uppdelad i dels litteratur, dels i Putins linjetal samt ryska lagar, lagförslag, doktriner, strategier och planeringsdokument, som t.ex. handlingsplaner. Originaltiteln på dessa dokument finns i referenslistan (translittererade från ryska).

2.3 Utvecklingsnivåer för olika typer av teknologier

I Väst används ofta TRL (*technology readiness level*) för att ange vilken mognadsgrad en viss teknik har nått. Det finns nio mognadsgrader, TRL 1–TRL 9, där en TRL 1 är lägst, grundläggande principer för en viss typ av teknik finns beskrivna, och TRL 9 utgör den högsta graden av mognad, för militärteknik handlar det om ”ett system som har prövats framgångsrikt i operationer”.¹⁵ Ryssland har ett snarlikt system för att beskriva teknologiers mognadsgrad eller *uroven gotovnosti technologii*, UGT. Det är indelat i tio nivåer där nivå 0–1 är grundforskningsnivå. Nivåerna 2–3 är tillämpad forskning och nivåerna 4–7 ”utveckling i experiment”, nivå 8 produktion på prov och certifiering och den sista nivån, nivå 9, ”produktion”. Ofta framställs skalan i färg där nivå ett är röd för att markera att risknivåerna är som högst, dvs. att det är osäkert om FoU alls kommer att leda till konkreta tillämpningar. TRL 7–9 antar en allt grönare färg allteftersom det står klart att en viss typ av teknik har ett konkret användningsområde och att prototyper kan serietillverkas och komma till praktisk användning.

Precis som är fallet med västs TRL använder Ryssland sin metodik för att bestämma mognadsgrad t.ex. för upphandlingar och att bestämma vilket statligt stöd som ska utgå till FoU för en viss typ av teknik men också uttryckligen som ett led i att bestämma vilken verksamhet som ska ses som prioriterad inom ramen för det Federala målprogrammet för FoU 2014–2020. Istället för färger kan den andel av statlig forskningsbudget som metodiken rekommenderar ses som ett mått på hur nära man befinner sig en praktisk tillämpning och tillslut serietillverkning inom ramen för en viss teknologi.¹⁶ För en översiktlig jämförelse av TRL respektive det ryska systemet för att beskriva mognadsgrad, se Tabell 1. Studien kommer att hänvisa till den ryska metodiken eftersom det är den skalan (UGT) som används i källmaterialet. Även om de två måtten för mognadsgrad skiljer sig åt torde dem ryska bedömningen ge god indikation av även relativ mognadsgrad.

¹⁴ Duncan Allan m.fl. (2021).

¹⁵ US Department of Energy (utan datum). Se även beskrivningen hos NASA (2012).

¹⁶ Utbildnings och forskningsministeriet (2017).

Tabell 1. Jämförelse mellan TRL och Rysslands system för mognadsgrad, UGT.¹⁷

Västlig definition		Rysk definition			
TRL	Kort beskrivning	UGT	Verksamhet	Kort beskrivning	Rekommenderad andel budget-medel
-	-	0	Grundforskning – Typ 1	Möjligheterna att utveckla en ny teknologi fastställs	100%
1	Grundläggande principer observerade	1	Grundforskning – Typ 2		90–100%
2	Teknologikoncept och/eller användning formulerad	2	Tillämpad forskning	Val av teknologiskt koncept	80–90%
3	Analytiska och experimentella bevis på konceptets potential finns	3	Tillämpad forskning	Teknologins nyckelelement utvecklad och kontrollerad i laboratorier	70–80%
4	Teknikkoncept formulerade	4	Projektarbete (dokumentation, programmering) Prototyparbete Teknologiskt arbete (t.ex. teknikpatent)	Prototyp- och/eller teknologiutveckling	60–70%
5	Test av komponent/del-system i relevant miljö	5	Tillverkning och tester av prototyper		
6	Demonstration av system eller undersystem i relevant miljö	6		Test av prototyper under kritiska förhållanden	40–50%
7	Prototyp demonstrerad i operations-förhållanden	7	Industriprototyp skapad	Fabrikstester av industriprototyp	30–40%
8	Färdigutvecklat system är verifierat genom tester och demonstrationer	8	Industriprototyp tillverkad och certifierad	Prototyper släppta liksom certifiering och expertis.	10–30%
9	Färdigutvecklat system har framgångsrikt använts i operationer/uppdrag	9	Tillverkning	Serieproduktion och tekniska processen börjar användas	0–10%

¹⁷ Källor: NASA (2012); US Department of Energy (2011), s. 26–27; Swedish Mining Innovation, *TRL-nivå*; Utbildnings och forskningsministeriet (2017). *Kommentar*: Olika organisationer som använder TRL beskriver de olika nivåerna något olika beroende pga. olika branschens sätt att använda teknologier i de senare faserna. För att finna en översättning av TRL-nivåerna har en kombination av översättningar och benämningar använts.

3 Rysk strategisk planering och prioriterad teknik

Sedan 2014 har Ryssland ett system för strategisk planering. Det anger en rangordning mellan olika dokument, vilka befogenheter olika delar av det politiska systemet har och hur processer för att ta fram dokument ska se ut, hur utvärdering ska ske och hur landet ska ta fram prognoser och scenarier. Dessa processer leder till beslut om vilken typ av teknik och vilka teknologier som ska vara prioriterade, men också om t.ex. vilken infrastruktur som behövs för att den tekniska utvecklingen ska lyckas i ett längre perspektiv.

3.1 Ryska strategier, planer, framtidsbedömningar

Strategisk planering är ett begrepp inom rysk statsförvaltning och politik. Sedan 2014 finns en federal lag om strategisk planering i Ryssland som anger huvud dragen i detta system.¹⁸ Processen är i praktiken delad i två spår: en där nationell säkerhet står i centrum och där presidenten och ryska Säkerhetsrådet spelar centrala roller; och en socioekonomisk där regeringen har huvudansvar. I lagens fjärde kapitel anges strategiska dokument som utarbetas på federal nivå:

- Presidentens årliga linjetal (*poslanije*) till parlamentet;
- Strategin för socioekonomisk utveckling;
- Dokument inom sfären nationell säkerhet;
- Nationella säkerhetsstrategin;
- Strategin för vetenskaplig-teknologisk utveckling.¹⁹

Den första Strategin för vetenskaplig-teknologisk utveckling antogs den 1 december 2016. Den föregicks av andra dokument. Redan 2011 kom ett presidentdekret om inriktning för den vetenskapliga och teknologiska utvecklingen, dvs. under Dmitrij Medvedevs tid som president.²⁰ Detta dekret kompletterades med ett dekret 2015, när Putin åter var president, vilket talar för att inriktningen fortfarande gäller i huvudsak.²¹ Inget ersättande dekret har kommit efter det. Däremot bör även Putins linjetal, som framgår ovan, ses som en inriktning som kan justera planeringen årligen.

¹⁸ Federal lag om strategisk planering, nr. 172-FZ, 28 juni 2014. Se även Cooper, Julian (2012) och (2018).

¹⁹ Denna strategi fanns inte med i uppräknningen i den ursprungliga lagen från 2014 utan lades till genom en tilläggs lag (nr. 277-FZ) ett halvår innan den första strategin på området antogs.

²⁰ Inriktning av vetenskaps-, teknologi- och teknikutvecklingen, presidentdekret, nr. 899, 7 juli 2011.

²¹ Komplettering av Inriktning av vetenskapliga, teknologi- och teknikutvecklingen, presidentdekret, nr. 623, 16 december 2015.

I januari 2014 kom Prognos för vetenskapligt-teknologiska utvecklingen till 2030, som torde ha utarbetats under en längre tid. Samtidigt är det tydligt att dokumenten är barn av sin tid. I prognosen finns begreppet ”möjlighetsfönster” som en av dokumentets grundläggande termer. Varefter prognosen går vidare i analysen utan att använda begreppet vidare. Troligen syftar begreppet på en tankegång som var viktig vid tidpunkten, nämligen den att Ryssland skulle hitta en genväg för vetenskaplig och teknisk utveckling. En av de ansvariga vid tidpunkten, vice premiärminister Dmitrij Rogozin, förklarade att Ryssland skulle ta steget från det han benämnde som den fjärde teknologiska generationen direkt till den sjätte generationen. Den fjärde generationen bestod enligt Rogozin av främst maskinindustrins och den tunga industrins genombrott, medan den femte, som Ryssland i allt väsentligt missade, bestod av elektronikens utveckling och internets framväxt. Nu skulle Ryssland därmed direkt ta steget in i den sjätte generationen, där alltifrån nano- och kvantteknologi till artificiell intelligens skulle vara centrala.²²

Prognosen ligger till grund för strategin som kom 2016 och troligen även därmed för det Statliga programmet för vetenskaplig-teknologisk utveckling från mars 2019.²³ Det är en åtgärdsplan som specificerar generella mål, när de ska uppnås och vilka resurser som detta kräver.²⁴ Detta statliga program indelas sedan i underprogram som kan vara t.ex. federala målprogram eller branschprogram.²⁵ Programmen innehåller konkreta mål och datum för när dessa ska ha uppnåtts, hur stora medel som ska tilldelas ur federala budgeten, men anger inte prioriterade konkreta teknologier.

Enligt lagen om strategisk planering (§18.1) bestämmer regeringen processen för att utarbeta, ändra, övervaka och realisera Strategin för vetenskaplig-teknologisk utveckling och den ska gälla för en ”längre period”, vilket enligt lagen (§3) innebär längre än sex år (en medellång period är tre–sex år). Det innebär inte att Ryssland slutar planera vid sexårsstrecket. Snarare är kategorierna ”medellång” och ”lång” kopplade till graden av upplösning och detaljering i planeringen. Till exempel antar Ryssland sedan 2008 den federala budgeten på treårsbasis där utgifter för år två och tre är angivna som provisoriska och beroende på ekonomisk utveckling.²⁶ På samma sätt är planeringen för FoU mindre specifik ju längre tidshorisonten är. Strategin ska i sina mål utgå ifrån relationen mellan nationella säkerhetsstrategin och strategin för socioekonomisk utveckling. Den ska dessutom tjäna som utgångspunkt för industriella branschdokument på området liksom för statliga program, statliga företag och aktiebolag med statligt ägande (§18.1).

²² Rogozin, Dmitrij (2013).

²³ Prognos för vetenskapligt-teknologiska utvecklingen till 2030, regeringsbeslut, nr. DM-P8-5, 3 januari 2014.

²⁴ Statligt program för vetenskapligt-teknologiska utveckling, regeringsförordning nr. 377, 29 mars 2019.

²⁵ Se även Engqvist, Maria (2020), ss. 15–18.

²⁶ Cooper, Julian (2013), ss. 15ff.

Den tudelade processen i en som berör nationell säkerhet och en som är koncentrerad till socioekonomisk utveckling lyser igenom i Strategin för vetenskaplig-teknologisk utveckling. Det är också tydligt att närhelst en avvägning ska göras mellan nationella säkerhetsöverväganden och socioekonomisk utveckling så tenderar de förra att prioriteras. I prognosarbetet dominerar ett geopolitiskt perspektiv och en pessimism, som också torde färga hur prioritering sker inom den strategiska planeringen.²⁷

Ett återkommande drag i rysk planering är att när nya planeringsdokument tillkommer är den exakta prioriteringen och förhållandet sinsemellan nya och gamla dokument inte alltid glasklar. Således tillkom 2019 så kallade nationella projekt, som i sin tur byggde på de vallöften som Vladimir Putin utfärdade i presidentvalet 2018.²⁸ Under 2019 kom också konkreta handlingsplaner för de tretton olika nationella projekten för perioden fram till 2024. Inte sällan byggde de på redan existerande regeringsprogram som döptes om och på så sätt införlivades i presidentdekretet från 2018. Således fanns redan ett regeringsprogram som hette ”Digital ekonomi” som den 11 februari blev det nationella projektet ”Digital ekonomi”. Ett av de nationella projekten går under rubriken ”Vetenskap”, där samma ministerium är ansvarigt som för Programmet för vetenskaplig-teknologisk utveckling. I september 2018 antog regeringen en handlingsplan för det nationella projektet ”Vetenskap” som sträckte sig till 2024 och i december 2020 ett Program för vetenskaplig grundforskning som sträcker sig till 2030.²⁹ Vidare har Ryssland antagit separata handlingsplaner för en rad digitala teknologier från och med 2019, så kallade ”digitala tvärteknologier” (se kapitel 5).

Ryska strategier och handlingsplaner bygger på ett omfattande arbete av expertgrupper som arbetat fram underlag för att bedöma såväl landets egen som internationell mognadsnivå (UGT/TRL) för olika teknologier. Det ligger också till grund för de målsättningar som dokumenten anger, något som kan användas vid en bedömning av hur pass väl Ryssland är på väg att nå en högre mognadsgrad inom en viss teknologi.

3.2 Militär planering

Militär planering av FoU sker framför allt inom ramen för arbetet med den statliga beväpningsplanen, *gosudarstvennaja programma vooruzhenija* (GPV). GPV är en plan som ska förnyas vart femte år. Den består av en mer detaljerad plan för de första fem åren, med fokus på materielleveranser, och ett tioårsperspektiv med mer övergripande målsättningar och, troligen, även inriktning av FoU. Gällande plan,

²⁷ Se t.ex. Monaghan, Andrew (2021).

²⁸ I maj 2018 undertecknade Putin ett presidentdekret, de så kallade ”Majdekreten”, nr. 204, 7 maj 2018.

²⁹ Handlingsplan för nationella projektet ”Vetenskap” 24 december 2018 och Program för vetenskaplig grundforskning 2021–2030, regeringsorder nr. 3684-r, 31 december 2020.

GPV-2027, antogs 2017 och gäller således en tioårsperiod.³⁰ Egentligen skulle planen ha antagits redan 2015 för att ersätta den föregående planen, GPV-2020, men Rysslands ekonomiska problem 2015–2016 och Västs sanktioner efter den illegala annekteringen av Krim, gjorde att arbetet på en ny plan sköts framåt.³¹ Innehållet i beväpningsplanerna är inte öppen information, men det brukar gå att kartlägga och analysera uttalanden och andra uppgifter i media om planerade nya vapensystem för leverans för att få en god bild av ungefär vad som ingår i beväpningsplanen åtminstone när den väl har trätt i kraft.³² Det är svårare att hitta öppen information om planerade system och när de ska förbandsättas. Det är dock möjligt att lägga pussel med hjälp av ryska nyhetsmedier. I GPV-2027 fanns troligen en ambition om att öka andelen resurser som satsades på FoU jämfört med tidigare fokus på materielanskaffning.³³

Militärindustriella kommissionen, *Vojenno-promysjlennaja komissija* (VPK) koordinerar planeringsarbetet. Den bildades 1999, men omformades delvis 2006 och fick huvudansvaret för det statliga beväpningsprogrammet. Den inflytelserike Sergej Ivanov blev ordförande och kom direkt från posten som försvarsminister.³⁴ Senare tog den tillika inflytelserike Dmitrij Rogozin över ledningen av VPK, men 2014 underordnades kommissionen presidenten, som också blev dess ordförande. Ett VPK-kollegium under regeringen tillkom också med ansvar för att samordna främst Försvarsministeriets behov med de möjligheter som försvarsindustrin har att leverera.³⁵ Vidare finns ett vetenskapligt-tekniskt råd knutet till VPK. Där ingår 120 ledamöter från ministerier och myndigheter samt forskningsinstitut och försvarsindustri. Ordförande sedan många år är Jurij Michajlov, som samtidigt är vice ordförande i VPK:s styrgrupp (*kollegija*) samt ledamot av Ryska vetenskapsakademien.³⁶

Under 2021 kom uppgifter om att nästa GPV var på väg, GPV-2034 (för perioden 2024–2033). Enligt uppgifter i en intervju med förste vice ordföranden i VPK:s kollegium, Andrej Jeltjaninov, är denna process länkad till både prognoser för Rysslands långsiktiga socio-ekonomiska utveckling och bedömning av nationella säkerhetshot på ännu längre sikt.³⁷

³⁰ Formellt beslut kom i februari 2018.

³¹ Connolly, Richard och Boulègue, Mathieu (2018), s. 5.

³² *Ibid.*, s. 4.

³³ MalmLöf, Tomas och Engvall, Johan (2020), ss. 107–20. Se även Connolly, Richard och Boulègue, Mathieu (2018), s. 32.

³⁴ Vendil Pallin, Carolina (2009), s. 156–7. Presidentdekret om Militärindustriella kommissionen, nr. 231, 20 mars 2006.

³⁵ Presidentdekret om Militärindustriella kommissionen, nr. 627, 10 september 2014.

³⁶ Regeringsorder nr. 1427-r, 28 maj 2020.

³⁷ Petrov, Ivan (2021).

Tabell 2. Hållpunkter i processen för Statliga beväpningsplanen 2023–2033.³⁸

Dokument	Tidsperiod	Antas/klart före	Ansvarig myndighet
Prognos för Rysslands socioekonomiska utveckling till 2035*	2021?– 2035*	1 september 2021	Ministeriet för ekonomisk utveckling
Säkerhetshot 2035?	2021?– 2035?	1 september 2021	VPK-kollegiet
Grundläggande utvecklingstendenser för vapen, militär- och specialutrustning till 2038	2021?– (2033) 2038	Efter 1 september 2021	Försvarsministeriet
GPV-2034	2024–2033	1 juli/slutet av 2023	VPK-kollegiet

* Intervjun i Petrovs artikel hänvisar till en prognos för Rysslands "finansiella och ekonomiska utveckling", men det rör sig troligen om en prognos för socioekonomisk utveckling. På Ministeriet för ekonomisk utveckling finns ett dokument från 2018 som är en prognos för Rysslands socioekonomiska utveckling till 2036, <https://www.economy.gov.ru/material/file/a5f3add5deab665b344b47a8786dc902/prognoz2036.pdf>. Vidare anger artikeln en prognos för "Säkerhetshot 2053", något som i denna studie bedöms vara ett tryckfel och snarare ska vara 2035 eftersom denna prognos då har samma tidsperspektiv som den socioekonomiska prognosen.

Tabell 2 innehåller de dokument som Jeltjaninov talar om. Försvarsministeriet leder arbetet med att ta fram underlag om hur dagens och framtidens vapensystem kommer att se ut. I slutet av mars 2021 stod det klart vilket material som skulle ligga till grund för mål och uppgifter inom både nya GPV:n och ett nytt statligt program för att utveckla det "försvarsindustriella komplexet". VPK:s kollegium har sedan till uppgift att se till att dokumenten hänger ihop, att utgifter och tidplan hänger ihop. Jeltjaninov förväntade sig att få besked före den 1 september samma år från Försvarsministeriet tillsammans med andra beställare om hur strukturen på nästa beväpningsprogram skulle se ut. Därefter utarbetas ett dokument med rubriken "Grundläggande utvecklingstendenser för vapen, militär- och specialutrustning till 2038". Även detta dokument utarbetas främst inom Försvarsministeriet. Enligt Jeltjaninov ingår prototyper som "forskare och ingenjörer bara inlett tänkandet kring". Det är dessa prototyper som kommer att bestämma hur Väpnade styrkorna ser ut 2033 – och i viss mån även mot 2038.³⁹ För att anknyta till metoden för denna rapport, vilken vetenskaplig bas som Ryssland lyckas etablera under perioden fram till 2030, kommer att vara avgörande för vilken militär teknik som Ryssland sedan kan utveckla till perioden 2033–2038.

Kollegiet har sedan ansvar för att ta fram en rapport till presidenten före den 1 september 2021 med en analys om säkerhetshot till 2053. Denna ska samordnas med prognosen för Rysslands ekonomiska utveckling till 2035, som ska levereras av Ministeriet för ekonomisk utveckling den 1 juli 2021 (se Tabell 2). Före 1 september 2022 ska samtliga beställare ha lämnat in sina förslag som sedan

³⁸ Källa: Petrov, Ivan (2021). Se även Nikolsky, Aleksey (2021).

³⁹ *Ibid.*

behandlas av VPK:s kollegium, som stämmer av med ministerier, främst Ministeriet för industri och handel, för att säkerställa att försvarsindustrin kan leverera det som efterfrågas. Den 1 juli 2023 får presidenten en rapport som också blir till nästa GPV.⁴⁰ Troligen bidrar framför allt det vetenskapligt-tekniska rådet till samordningen och inriktningen av FoU på tio års sikt.

3.3 Prioriterad teknik

Det finns olika sätt att dela in teknikområden. I ryska dokument finns en indelning i prioriterade teman av vetenskaplig och teknisk utveckling. Enligt ett presidentdekret från 2011 (med ett tillägg från 2015) är nio teman prioriterade.⁴¹ Inga senare dokument har upphävt denna prioritering:

1. Säkerhet och antiterroråtgärder
2. Nanosystemindustrin
3. Informations- och telekommunikationssystem (ITK)
4. *Life science*⁴²
5. Lovande vapen, militär- och specialutrustning
6. Rationell naturresursutvinning
7. Autonoma system för militär, special- och dubbla användningsområden (tillägg i enlighet med presidentdekret nr. 623)
8. Transport- och rymdsystem
9. Energieffektivitet, energisparande, atomenergi.

I samma presidentdekret beskrivs en katalog över 27 ”kritiska teknologier”. Även på den informationshemsida som Vetenskaps- och utbildningsministeriet har för Federala målprogrammet 2014–2021 hänvisas till dessa kritiska teknologier.⁴³ Mer exakt vilka teknologier som ryms under t.ex. kategorin ”grundläggande och kritiska militära och industriteknologier” har inte gått att fastställa med tillgängliga källor. En gissning är att de till stor del sammanfaller med de teknologier som andra länders avancerade militära organisationer prioriterar, samt att de återspeglas i de civila teknologier som den ryska regeringen öppet anger som kritiska eller som tvärteknologier strategi- och planeringsdokument. Det går dock inte att utesluta att det finns hemliga prioriteringslistor och planer för FoU. Även om de offentliga ryska dokumenten inte visar allt som finns att veta om rysk militär FoU,

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ Inriktning av vetenskaps-, teknologi- och teknikutvecklingen, presidentdekret, nr. 899, 7 juli 2011.

⁴² Även på svenska är *life science* ett etablerat begrepp. Se t.ex. hur den svenska nationella *life-science*-strategin kommenteras av Vetenskapsrådet (2019).

⁴³ Federalt målprogram, ”Forskning och utveckling enligt prioriterade utvecklingslinjerna inom vetenskapliga-teknologiska komplexet 2014–2021”.

är det rimligaste sättet att bedöma vilken militär teknik som prioriteras att kartlägga de framåtblickande FoU-projekt som den ryska försvarsindustrin ägnar sig åt (se kapitel 4, avsnitt 4.3).

Den ryska regeringens handlingsplan för Nationella projektet (som även benämns program) ”Digital ekonomi” betonar utvecklingen av digitala tvärteknologier (*skvoznyje*) i det underprogram, ett federalt program, som går under rubriken ”Digitala teknologier”.⁴⁴ Det federala programmet operationaliserades i sin tur i handlingsplaner för sju sådana teknologier:

- AI och neurala teknologier;
- Virtuellt och förstärkt verklighet;
- Kvantteknologi;
- Nya tillverkningsteknologier;
- Komponenter för robotteknik och sensorer;
- System för distribuerade liggare;
- Teknologier för trådlös kommunikation.

Enligt regeringens planeringsdokument skulle utvecklingen av artificiell intelligens (AI) och neurala teknologier kräva mest resurser i termer av medel från den federala budgeten och näringslivet (se även avsnittet om investeringar i kapitel 5, s. 61ff.⁴⁵ Studien har, som nämnts ovan, valt att fokusera på dessa teknologier i ett 2030-perspektiv tillsammans med elektronikstrategin för att de ger en god indikation om huruvida Ryssland är på väg att slå sig in på teknikområden där landet traditionellt inte har varit starkt. T.o.m. de vapensystem som Ryssland håller fram som de mest avancerade och en källa till nationell stolthet, som Burevestnik, Kinzjal och Zirkon, bygger på den sovjetiska vetenskapliga basen.⁴⁶

Tabell 3 ger en översiktlig jämförelse av olika sätt att dela in teknologier i Ryssland, respektive Nato och i en FOI-rapport. De teknologiområden som särskilt berörs i denna studie har markerats med blå bakgrund. Formuleringen ”vapen baserade på nya fysiska principer” innebär inte unika nya teknologier utan kan innebära t.ex. vapensystem baserade på ”processer och fenomen som tidigare inte har använts för militära syften”.⁴⁷ Putin angav 2012 nya fysiska principer kunde vara ”laser-, geofysiska, våg-, genetiska och psykofysiska”.⁴⁸ Troligen använder ryska officerare uttrycket även för ”system med starkare förmåga än motståndarens”.⁴⁹

⁴⁴ Handlingsplan för nationella projektet ”Ryska federationens digitala ekonomi”, 4 juni 2019.

⁴⁵ Krivosjapko, Julija (2019b). Se även informationen om digitala teknologier hos Ministeriet för digital utveckling, samband och masskommunikation, <https://digital.gov.ru/ru/documents/?directions=878>.

⁴⁶ Notte, Hanna m.fl. (2021).

⁴⁷ TASS, 18 oktober 2017.

⁴⁸ Putin (2012).

⁴⁹ McDermott (2020).

Tabell 3. Jämförelse av indelning i teknologier – Ryssland, Nato, FOI⁵⁰

Ryska planer för militära och civila teknologier (årtal då de omnämns som prioriterade i dokument)	Natos rapport – militära tillämpningar	FOI – militära tillämpningar
AI och neurala system (2019) Big Data (2019)	AI, data	IT (inklusive AI)
Virtuell och förstärkt verklighet (2019)		IT (inklusive AI)
Kvantteknologi (2019)	Kvantteknologier	Kvantteknologi
Nya tillverknings-teknologier (2019)	Nya material och tillverkning	Additiv tillverkning
Komponenter för robotteknik och sensorer (2019)	Autonomi	Obemannade farkoster och autonoma system
System för distribuerad liggare (2019)		Distribuerade liggare
Teknologier för trådlös kommunikation (2019)		IT (inklusive AI)
Teknologier för kraftelektroteknik (2011/2015)		
Teknologier för informations-, lednings och navigeringssystem (2011/2015)		
Teknologier och programvara för distribuerade och högpresterande beräkningssystem (2011/2015)	AI, kvantteknologier	
Teknologier för att skapa en elektronisk komponentbas (2011/2015)		
Grundläggande och kritiska militära och indusitriteknologier för att skapa lovande vapen, militär- och specialteknik (2011/2015) I innovationsstaden Era är 14 militära FoU-riktningar prioriterade, bland vilka, artificiell intelligens, robotik, informationssäkerhet, automatiserad ledning- och IT-system, visionsteknik och mönsterigenkänning, informatik och datorteknik, nanoteknologi samt "vapen baserade på nya fysiska principer".	Rymdteknologier	Rymden
	Hypersoniska system	Hypersoniska system
	Bioteknologi och mänsklig förstärkning	Mänsklig förstärkning
		HPM
		Laser
		Signaturanpassningsteknik
		Kärnvapen
		Soldatsystemet
		Plattformer
		Cyber- och informationssäkerhet

⁵⁰ Källor: Inriktning av vetenskaps-, teknologi- och teknikutvecklingen, presidentdekret, nr. 899, 7 juli 2011; Komplettering av Inriktning av vetenskapliga, teknologi- och teknikutvecklingen Presidentdekret, nr. 623, 16 december 2015; Handlingsplan för nationella projektet "Ryska federationens digitala ekonomi", 4 juni 2019; NATO (2020); Kindvall & Lindberg (2020); Era, "Pervyj vojennyj innograd". Prioriteringen av dessa teknologier stämmer också väl överens med de sju trender som Dominik P. Jankowski (2021) identifierar: processorkraft; mjukvara; bärbara digitala enheter; precisionsvapen; strid mellan nätverk; militära aktiviteter domänerna rymd och cyber; samt autonoma system.

4 Rysk teknisk FoU 2021

Ryssland avfärdas ofta som hopplöst föråldrat på det tekniska området, men minst lika ofta konstaterar analytiker att landet har en stark matematisk och naturvetenskaplig tradition att bygga vidare på. Det är också vanligt att notera Rysslands välutbyggda system av forskningsinfrastrukturer, det vill säga, vetenskapliga institut och statliga företag med FoU-avdelningar. En hel del av detta är resultatet av investeringar i högre utbildning och forskning under Sovjetåren. Som FOI noterade i en studie av den ryska militärtekniska resursbasen från 2002, lyckades Ryssland bibehålla en större del av den sovjetiska FoU-kapaciteten än vad som bedömdes möjligt bland experter i början av 1990-talet.⁵¹ Ovan nämnda grunder till framgångsrik forskning och teknisk utveckling kan sammanfattas i begreppet vetenskaplig bas. Det är viktigt att bilda sig en uppfattning om tillståndet i Rysslands vetenskapliga bas för att kunna bedöma framtiden.

4.1 Vetenskaplig bas

Överlag har Rysslands vetenskapliga bas inte förändrats nämnvärt sedan Sovjetunionens dagar. Enligt den ryska statistikmyndigheten Rosstat fanns 2019 totalt 4 051 FoU-institutioner i Ryssland.⁵² Sektorn har förblivit dominerad av statligt kontrollerade FoU-organisationer kopplade till olika branscher samt forskningsinstitut tillhörande Ryska vetenskapsakademin, som består av ett nätverk av omkring 400 forskningsinstitut och som knyter till sig nära 50 000 forskare. Den har till följd av reformer av vetenskapsstyrningen samt lagändringar de senaste åren stärkt sin ställning ytterligare inom rysk vetenskap.⁵³ I jämförelse med dessa spelar både universitet och industriföretag en mindre framträdande roll för landets FoU.⁵⁴

Den ryska modellen för forskning bygger på en separation av forskning och undervisning. Forskning sker vid institut och särskilda laboratorier. Undervisning sker vid universitet och högskolor. Den så kallade Humboldt-modellen, som bygger på integrering av forskning och undervisning, formulerades under tidigt 1800-tal i Tyskland och dominerar idag i både Europa och USA. Humboldt-modellens grundläggande komponenter är den akademiska friheten i sökandet efter ny kunskap och att forskning och undervisning sker vid samma institution.⁵⁵ I praktiken innebär det att universitetslärare i t.ex. USA som är en framstående forskningsnation, även bedriver forskning. I den ryska modellen finns dessa två roller vanligtvis inte ens under samma fysiska tak.

⁵¹ Leijonhielm, Jan m.fl. (2002), s. 8.

⁵² Rosstat (2020), s. 494.

⁵³ Lowry, Anna (2021), s. 64.

⁵⁴ Gokhberg, Leonid, och Sokolov, Alexander (2017), s. 261.

⁵⁵ Muller, Steven (1985).

Forskningsproduktionen i Ryssland är överlag ojämn. Inom fysik och matematik rankas Ryssland som den sjätte mest produktiva forskningsnationen utifrån publikationer indexerade i *Web of Sciences* databas.⁵⁶ Inom data- och informationsvetenskap hamnar Ryssland emellertid först på 27:e plats.⁵⁷ Den verkligt konkurrenskraftiga högteknologiska forskningen i Ryssland begränsas i regel till vissa områden där landet traditionellt har varit framträdande, t.ex. rymdforskning och kärnteknik. Denna forskning understöds av en mycket stark utbildnings-tradition inom matematik och flera naturvetenskapliga discipliner. På andra kritiska teknologiområden, i synnerhet informations- och kommunikationsteknologier, men även bioteknik, har Ryssland släpat efter ända sedan Sovjettidens sista decennier.⁵⁸

Den totala arbetskraften inom FoU-sektorn uppgick 2019 till 682 464, av vilka forskare utgjorde 348 221, eller 51 procent.⁵⁹ Bland forskarna besitter en knapp tredjedel minst en doktorsexamen. Nära 85 procent av den samlade forskarkåren verkar inom de naturvetenskapliga och tekniska ämnesområdena.⁶⁰ Totalt motsvarar personalstyrkan en tredjedel av vad den var 1990. Kvaliteten på den ryska forskningen påverkas negativt av en omfattande personalflykt, vilket betyder att unga, högtbildade forskare lämnar universitetsvärlden och i vissa fall även landet.⁶¹ Forskarflykten utomlands har ökat kraftigt på senare år. Mellan 2012 och 2021 ökade antalet forskare som lämnar Ryssland med fem gånger, enligt Nikolaj Dolgosjusjkin, huvudsekreterare vid Ryska vetenskapsakademien. Ryssland är det enda välutvecklade landet med ett minskande antal forskare.⁶²

En indikation på att problemet kvarstod var det förslag som en dumaledamot från maktpartiet Enade Ryssland lade fram 2018. Samtliga studenter som fått en statligt betald utbildning också skulle åläggas att arbeta minst fyra år för ett statligt företag, forskningsinstitut eller en statlig myndighet. Annars skulle de bli tvungna att betala för sin utbildning i efterhand.⁶³ Lagförslaget gick inte igenom främst eftersom det skulle innebära ökade budgetutgifter, men det fick också kritik för att vara ”sovjetiskt”.⁶⁴ Det låg dock i linje med förslag vid ett rundabordssamtal arrangerat av Federationsrådet, dvs. överhuset i Rysslands federala församling, i maj samma år under titeln: Aktuella frågor för att säkra rysk teknologisk suveränitet.⁶⁵

⁵⁶ *Web of Science* indexerar icke-engelsk forskning men översätter artiklarna till engelska. Det går därför bara att söka på engelska titlar.

⁵⁷ Gokhberg, m.fl. (2020), s. 53.

⁵⁸ Gokhberg, Leonid och Sokolov, Alexander (2017), ss. 256–267. I en ranking av 54 länder på det biotekniska området hamnade Ryssland på plats 44, strax efter Mexiko men före Turkiet (Global Biotechnology Innovation Scorecard, <https://www.thinkbiotech.com/globalbiotech/country/Russia>).

⁵⁹ Rosstat (2020), s. 495.

⁶⁰ *Ibid*, s. 496. Se även Gokhberg, Leonid, m.fl. (2020), ss. 20, 28–29.

⁶¹ Gustafsson, Pär (2020), s. 45.

⁶² TASS (2021); RBC (2021).

⁶³ Ryska federationens statsduma, lagförslag nr. 442315-7, 16 april 2018.

⁶⁴ *Kommersant* (2018).

⁶⁵ Agumava, Fidel (2018).

Andra lagändringar som har antagits utifrån argument om nationell säkerhet kommer troligen snarare att bidra till att försämra villkoren för ryska forskare och akademiker än tvärtom. I juni 2021 trädde ändringar i utbildningslagen i kraft. De innebär krav på statligt tillstånd för att bedriva utbildning, mycket brett och vagt definierat, samt för att samarbeta internationellt. I praktiken innebär lagen mindre akademisk frihet och företrädare för ryska universitet uttalade sig om hur den särskilt drabbade naturvetenskapliga ämnen när mödosamt uppbyggda internationella samarbeten underminerades.⁶⁶ Detta är redan ett problem eftersom de internationella forskningssamarbetena stadigt har minskat i takt med att relationerna mellan Ryssland och Väst försämrats under det senaste decenniet.

Västs sanktioner efter 2014 i kombination med allmänt försämrade förutsättningar för forskningssamarbete mellan Ryssland och västländer har ökat vikten av relationer i FoU-spåret med Kina. Även om relationen är mångbottnad och rymmer såväl gemensamma intressen som konkurrens och viss misstänksamhet har samarbetena blivit fler och fördjupats.⁶⁷ Redan 2014 talade utrikesminister Sergej Lavrov om en ”framväxande teknologisk allians” mellan Ryssland och Kina, som sedan dess är än mer inbegripna i en strategisk maktkamp med USA. Som en del av detta har båda länderna ett intresse i att utveckla sina ekonomiska och handelsförbindelser för att balansera USA:s inflytande. Vidare delar Kina och Ryssland synen att inrikes politisk stabilitet är en förutsättning för nationell säkerhet. De samarbetar både genom att dela auktoritära verktyg och nödvändiga teknologier, men också i internationella fora för att stå emot krav på respekt för demokrati och mänskliga rättigheter.⁶⁸ Samtidigt finns misstänksamhet och en betydande grad av konkurrens mellan Ryssland och Kina kvar även på det teknologiska området.⁶⁹ Att bara byta ett teknologiskt importberoende från Väst mot ett annat, från Kina, är inte i linje med Rysslands övergripande säkerhetspolitiska mål om suveränitet och oberoende.

Investeringar i FoU

Putin har i flera linjetal understrukit vikten av att Ryssland hänger med i den tekniska utvecklingen och helst också tar sjumilakliv framåt. Det finns dock än så länge inga tecken på att denna målsättning avspeglas i hur stora medel som Ryssland satsar på FoU. OECD:s (Organisationen för ekonomiskt samarbete och utveckling) siffror för FoU-utgifter tjugo år tillbaka indikerar snarare att Ryssland kommer att fortsätta att investera mindre än både USA och Kina – som andel av BNP och i absoluta termer.⁷⁰ Som framgår av Figur 1 har Kina mer än fördubblat

⁶⁶ Lemutkina, Marina (2021). Se även kritiken i Skomorochov, Roman (2021).

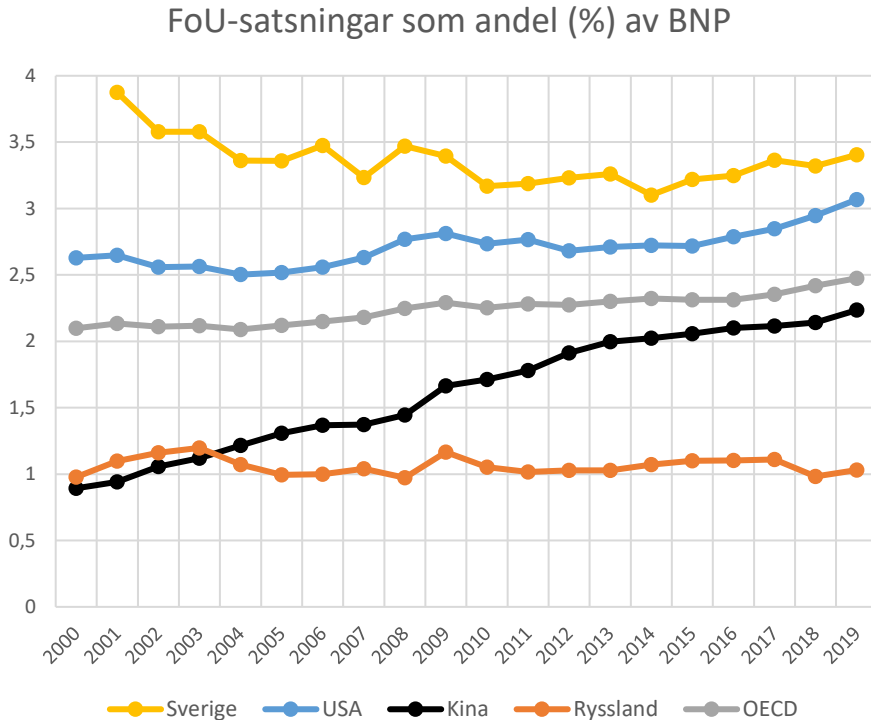
⁶⁷ Denisov, Igor och Lukin, Aleksandr (2021); Gabuev, Alexander och Kovachich, Leonid (2021). Se även Carlsson, Märta, Oxenstierna, Susanne och Weissman, Mikael (2015).

⁶⁸ Lavrov citerad i Weidacher Hsiung, Christopher (2021), s. 2, se även ss. 1–33.

⁶⁹ Se t.ex. Kovatjiti, Leonid (2020).

⁷⁰ I OECD:s siffror för FoU-utgifter ingår samtliga satsningar, privata och statliga, inom respektive land, mätt i konstanta priser med 2010 som basår och köpkraftsanpassade.

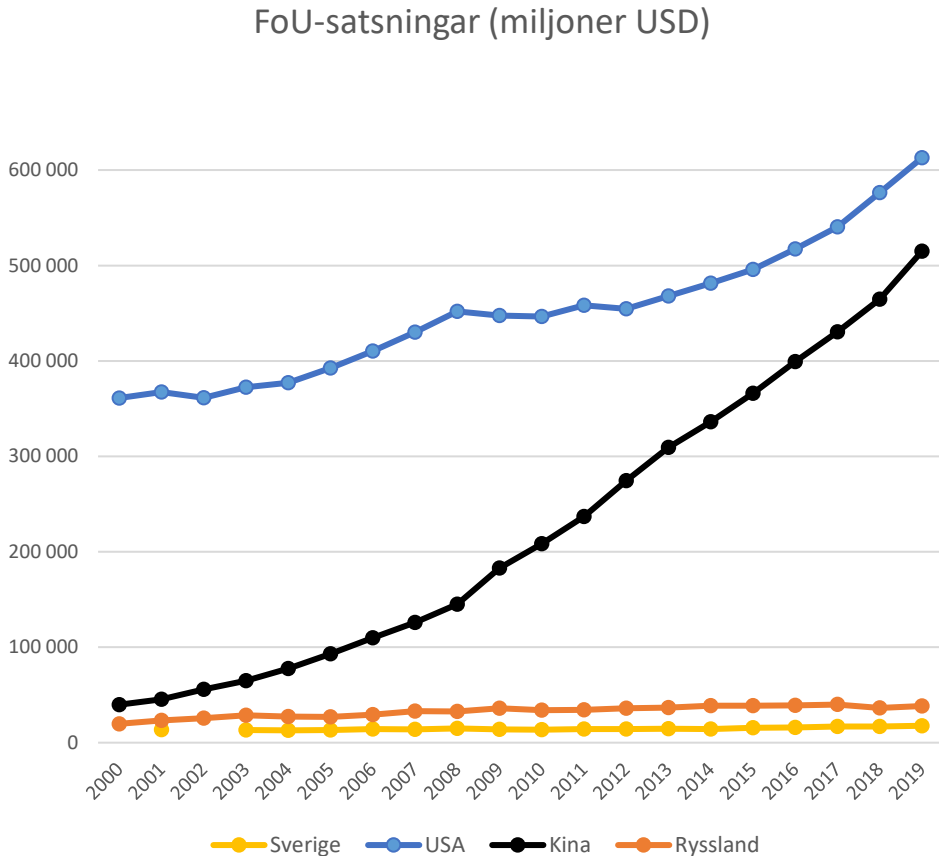
den andel av BNP som går till FoU. I både USA och OECD-länderna ökar också andelen av BNP som går till FoU sedan cirka fem år tillbaka; i Ryssland har den däremot legat relativt konstant runt en procent av BNP (se Tabell 9 i Appendix, s. 91).



Figur 1. Satsningar på FoU som andel av BNP för Ryssland, USA, Kina, Sverige och OECD-genomsnittet 2000–2019 (beräknade i USD 2015 konstanta priser och köpkraftsanpassade).⁷¹

I totala utgifter ligger Ryssland obetydligt över ett land som Sverige. Detta kan jämföras med Kina, vars starka BNP-tillväxt har inneburit att landets satsningar i termer av utgifter nästan har tiodubblats på tjugo år och närmast sig USA:s nivå, mätt i konstanta priser med 2010 som basår och köpkraftsanpassade. De i ett jämförande perspektiv blygsamma ryska satsningarna framgår av Figur 2.

⁷¹ Källa: OECD (2021).



Figur 2. Satsningar på FoU i Ryssland, USA, Kina och Sverige, 2000-2019 (beräknade i USD 2015 konstanta priser och köpkraftsanpassade).⁷²

Mot bakgrund av de uteblivna FoU-satsningarna är det föga förvånande att den politiska ledningens målsättning att stärka Rysslands internationella ställning som forskningsnation inte har infriats.⁷³ Stagnationen på FoU-området och den sjunkande innovationskraften i det ryska samhället syns även på patentområdet. Antalet inlämnade patentansökningar i Ryssland hade under 2019 minskat med mer än 15 procent jämfört med motsvarande siffra 2010.⁷⁴

⁷² Källa: OECD (2021).

⁷³ Exempelvis uttryckte Putin 2012 målsättningen att Ryssland 2020 skulle ha fem universitet på listan över världens hundra främsta lärosäten. Resultatet blev istället att det högst rankade ryska lärosätet – Moskvauniversitetet – återfanns först på plats 189. Se *Times Higher Education World University Rankings 2020*.

⁷⁴ Rosstat (2020), s. 500. Se även Kataryna Zysk (2021), s. 19.

Därtill kommer korruptionens grepp även om det ryska området för högre utbildning och forskning liksom den som genomsyrar alla delar av det politiska, samhälleliga och ekonomiska livet i Ryssland.⁷⁵ Korruptionen har bidragit till att upprätthålla lågpresterande forskningsmiljöer. I ett försök att komma till rätta med problemen och konkurrensutsätta forskningsanslagen inrättades 2014 den Ryska vetenskapsstiftelsen. Stiftelsen finansierar grundforskning inom flera tekniska områden. För sjuårsperioden 2014–2020 hade stiftelsen finansierat forskningsprojekt till ett totalt värde av 123 miljarder rubel, en beskedlig summa i jämförelse med liknande forskningsfinansiärer i Väst.⁷⁶

4.2 Civil teknisk FoU

Överlag kännetecknas de ryska tekniksatsningarna av storskalighet, statlig övervakning och koncentration. Stora företag som Rostec, Rostelekom och Sberbank dominerar teknologiutvecklingen. Denna koncentration av resurser till stora bolag hämmar kraftigt utvecklingen av små och medelstora företag och innovation underifrån.⁷⁷

För att utveckla de teknologier som den ryska ledningen identifierat som kritiska för Rysslands framtida konkurrenskraft, och ytterst för landets suveränitet, vilar ett särskilt ansvar på de forskningsmiljöer som har fått status som statliga vetenskapscenter. I dagens Ryssland finns 43 sådana center.⁷⁸ Tanken är att centren ska hjälpa till att lösa de vetenskapliga och teknologiska utmaningar som identifierats i Nationella projektet ”Vetenskap” och Statliga programmet för vetenskaplig och teknisk utveckling.⁷⁹ Den sammantagna personalstyrkan för de statliga vetenskapscentren uppgår till omkring 50 000, av vilka åtminstone 20 000 är forskare.⁸⁰

Nästan samtliga statliga vetenskapscenter bedriver forskning inom flertalet prioriterade områden och kritiska teknologier. Kurtjatovinstitutet – Rysslands största interdisciplinära forskningscenter med över 5 000 anställda – utmärker sig genom att verka inom samtliga nio prioriterade teknikområden och inom 21 av de totalt 27 kritiska teknologier som angavs i 2011 års presidentdekret (se avsnitt 3.3).⁸¹ Med god marginal är mer än hälften av de statliga centren delaktiga i den tekniska utvecklingen av lovande vapen, militär och specialutrustning. Bland de statliga

⁷⁵ Denisova-Schmidt, Elena (2015). Se även Yakovlev, Andrei (2021) för en analys av hur eliter dominerar politik och ekonomi i Ryssland.

⁷⁶ Rossijskij nautjnyj fond, <https://www.rscf.ru/about/>.

⁷⁷ Petrella, Stephanie, Miller, Chris och Cooper, Benjamin (2020), ss. 75–100. Se även Yakovlev, Andrej (2021).

⁷⁸ Ryska regeringen (2019).

⁷⁹ Utbildnings- och vetenskapssministeriet (2020).

⁸⁰ Se Assotsijatsija gosudarstvennyh nautjnyh tsentrov ”nauka”.

⁸¹ Assotsijatsija gosudarstvennyh nautjnyh tsentrov ”nauka”, ”Natsionalnyj issledovatel'skij tsentr ’Kurtjatovskij institut’”.

vetenskapscentren framträder särskilt institut med huvudsaklig forskningsinriktning mot materialvetenskap, flyg- och rymdteknik, kärnteknik och informations-, lednings- och navigeringssystem.

För att säkerställa teknisk kompetens inom ramen för Nationella projektet ”Digital ekonomi” (se vidare Kapitel 5) har ryska atomenergimyndigheten Rosatom och teknikjätten Rostec ett särskilt ansvar. Rosatom övervakar utvecklingen av nya tillverkningsteknologier, *big data*, tekniker som virtuell och förstärkt verklighet samt kvantteknologier (kvantberäkningar). Rostec ska å sin sida främja utvecklingen av neurala tekniker och AI, *Internet of things* (IoT), komponenter för robotteknik och sensorer, teknologier för trådlös kommunikation och system för distribuerade liggare.⁸² För AI-utvecklingen är Sberbank, Rysslands största bank, en central aktör. Sberbank har tagit fram landets starkaste superdator, Christofari, rankad 61:e starkaste globalt i juni 2021.⁸³ Enligt bankens ledning avser man också inrätta ett första civilt forskningsinstitut som ska syssla med AI-teknologier. Rostec hävdade att Ryssland hade byggt sin första militära superdator med rysktillverkade processorer av märket Elbrus. Inga exakta uppgifter om hur stark den skulle vara i en internationell jämförelse fanns att tillgå utan bara att ”sluthastigheten för superdatorn är praktiskt taget obegränsad eftersom enheterna kan förenas i ett enhetligt beräkningskluster”.⁸⁴ Sberbank har säkrat samarbeten med Moskva stad och presidentadministrationen i sin strävan att inte enbart vara en bank utan också ett teknologiföretag (se även Kapitel 5, s. 52).

På det datavenskapliga området anses Moskvauniversitetet vara Rysslands internationellt mest gångbara forskningsmiljö. År 2017 rankades det som ett av världens 50 ledande på området, men fanns två år senare inte längre kvar bland de hundra främsta.⁸⁵ Ryska vetenskapsakademin har däremot inte varit särskilt framträdande i forskningen kring digitala teknologier. Detta beror delvis på den vetenskapliga forskningens svårigheter att hänga med i den snabba utvecklingen på det digitala området.⁸⁶ Institutet för systemprogrammering (*Institut sistemnogo programirovanija*) är Vetenskapsakademins ledande miljö för IT-forskning. Forskningen bedrivs inom områden som operativsystem, kompileringsteknik, parallella och distribuerade system för databehandling, programvarutestningsteknik och *big data*.⁸⁷

Flera av de genombrottsteknologier som Ryssland prioriterar är beroende av en utvecklad elektronisk komponentbas (*elementnaja komponentnaja baza*).⁸⁸ Det är

⁸² Lowry, Anna (2021).

⁸³ ”Top500 List - June 2021”.

⁸⁴ Citat i Vendil Pallin, Carolina (2020b). Se även Edmonds, Jeffrey m.fl. (2021), s. 145.

⁸⁵ Dear, Keith (2019), s. 45.

⁸⁶ Gorbunov-Posadov, Michail (2018), s. 64.

⁸⁷ Institut sistemnogo programirovanija im. V.P. Ivannikova RAN.

⁸⁸ På elektroniksidan släpade Ryssland efter redan under Sovjetunionens sista decennier. Problemen förvärrades efter 1991 då många av de sovjetiska elektronikklustren fanns utanför landets gränser – i Lettland, i Belarus och i Ukraina.

dock allmänt känt att Rysslands teknologiska bas är föråldrad när det gäller mikroelektronik, nya material och datorteknik. Importberoendet för olika typer av IT-utrustning ligger mellan 80 och 100 procent, medan siffran för programvara uppskattas till omkring 75 procent, enligt uppgifter från 2017.⁸⁹ Den ryska regeringens importsubstitutionspolitik, dvs. att ersätta importerade varor med egen motsvarande produktion, efter Västs ekonomiska sanktioner har ännu inte lyckats avhjälpa problemet. Det finns t.o.m. indikationer på att importsubstitutionspolitiken också leder till problem för ryska företag och därmed hämmar utveckling och innovation.⁹⁰

Nanoteknik, eller nanoteknologi, är ett område som Ryssland sagt sig prioritera i mer än ett decennium.⁹¹ Det statliga bolaget Rusnano har en central roll inom rysk nanoteknikutvecklingen. Enligt egen utsago har Rusnanos satsningar på den inhemska infrastrukturen för nanoteknik lett till etablerandet av 126 företag och FoU-institut fördelade på 38 regioner i Ryssland.⁹² Sammantaget uppges 476 FoU-organisationer med uppemot 2 000 forskare verka inom det nanoteknologiska området. Dessa siffror har i princip förblivit oförändrade sedan 2010.⁹³ Mätt i antalet vetenskapliga publikationer placerade sig den ryska nanoteknologiska forskningen 2018 på plats 13 i världen.⁹⁴ Eftersom nanokomponenter ofta kopplas till större klassiska komponenter spelar utvecklingen inom t.ex. elektronik, material-, laser och halvledarteknik roll för möjligheterna till framsteg inom nanoteknologin.⁹⁵ Det handlar med andra ord om just sådana områden som Ryssland har särskilda svårigheter inom.

Flaggskeppet för att åstadkomma civila högteknologiska genombrott med kommersiell bäring är innovationscentret Skolkovo, som inrättades i Moskvas utkant 2010 under dåvarande presidenten Medvedjevs ledning.⁹⁶ Högsta ansvar för centret har Skolkovofonden, som sedan 2010 stått under den ryske oligarken Viktor Vekselbergs ledning. Skolkovo består av fyra teknologikluster: IT, biomedicin, energi och avancerad tillverknings-, kärn- och rymdteknik.⁹⁷ Totalt rapporteras runt 1 900 företag vara knutna till centret.⁹⁸ Skolkovo-komplexet inhyser även det privata forskningsuniversitetet Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech) som grundades 2011. Forskningen vid Skoltech bedrivs i linje med de

⁸⁹ Aptekman, Aleksandr, m.fl. (2017), s. 43.

⁹⁰ Weiss, Andrew S. (2021), s. 6.

⁹¹ Westerlund, Fredrik (2011). Nanoteknik är ett samlingsnamn för teknik som utnyttjar de speciella egenskaper som mycket små partiklar och strukturer har. Enligt en gängse definition handlar det om komponenter som är mindre än en tiotusendels millimeter.

⁹² Rosnano (2020)..

⁹³ Rosstat (2020), s. 495.

⁹⁴ Gokhberg, m.fl. (2020), s. 54.

⁹⁵ Jonsson, Per och Kjäll, Jonas (2020), s. 66.

⁹⁶ Turgeneva, Elizaveta (2017).

⁹⁷ Se Skolkovos hemsida. Kärnkraft och rymdteknik var ursprungligen två separata kluster, men är numera sammanslagna i ett gemensamt kluster där också avancerad tillverkningsteknik ingår.

⁹⁸ Skolkovo (2019).

utpekade ryska teknologiprioriteringarna, däribland datavetenskap och AI, materialvetenskap, energieffektivisering och kvantteknologi.⁹⁹ Universitetet söker enligt egen utsago att sömlöst integrera utbildning, forskning och innovation.¹⁰⁰ Efter mer än ett decennium kan det nog konstateras att Skolkovoprojektet inte blivit den snabba framgångssaga som Ryssland hoppades på. Sedan Putins återinträde som president 2012 tycks dessutom den civila teknologiförnyelse, som Skolkovo representerar, att ha trängts undan av forskningsinitiativ inriktade mot militär teknik.¹⁰¹

4.3 Militär teknisk FoU

Försvarsrelaterad forskning fortsätter att dominera Rysslands tekniska utveckling. Uppskattningar gör gällande att försvarsindustrin sysselsätter hälften av landets forskare och står för omkring 70 procent av landets högteknologiska produkter.¹⁰² Sammantaget omfattar det försvarsindustriella komplexet ungefär 600 FoU-organisationer. Runt hälften av dessa är vetenskapliga forskningsinstitut medan övriga är konstruktionsbyråer och vetenskapliga produktionsföretag främst inriktade på att designa och utveckla prototyper för försvarsindustrin. Denna grundläggande struktur har sina rötter i Sovjettiden och fördelas på sju huvudsakliga branscher: flyg, rymdteknologi, skeppsbyggnad, konventionella vapen, radio, elektronik och kommunikationssystem, ammunition och speciella kemikalier samt kärnteknik.¹⁰³

För prioriterade teknologier med militära tillämpningsområden, såsom AI och robotik och autonoma system, pågår FoU på olika institut och konstruktionsbyråer inom samtliga traditionella branscher. Det statligt ägda industrikonglomeratet Rostec är den ledande organisationen för utvecklingen av kritiska teknologier för både civila och militära ändamål. Rostec kontrollerar många av landets ledande försvarsindustriföretag och omfattar totalt mer än 800 företag.¹⁰⁴

Samtidigt befinner sig forskningen kring kritiska teknologier naturligt nog på den lägre mognadsnivån, något som gör att det krävs betydande grundforskningsinsatser för att nå verkliga genombrott. Den ryska regeringen har också skjutit till medel för att stärka grundforskningen inom teknikområden som bedöms ha särskild relevans för framtida militär förmåga. Vetenskapsakademin har också fått i uppdrag att inta en mer framträdande roll i forskningen om nya teknologier för militärt bruk, inklusive AI.¹⁰⁵

⁹⁹ Skoltech (2019), s. 12.

¹⁰⁰ Se Skoltechs hemsida.

¹⁰¹ Om den militära teknologins återtag, se exempelvis Bukkvoll, Tor, Malmlöf, Tomas, och Makienko, Konstantin (2017), ss. 232–249; Hakvåg, Una (2017), ss. 496–510.

¹⁰² Se exempelvis Roffey, Roger (2013), s. 182 och Valerij Tsvetkov (2016).

¹⁰³ Engvall, Johan (2021).

¹⁰⁴ Se Rostecs hemsida.

¹⁰⁵ Engvall, Johan (2021).

Ny forskningsinfrastruktur för framtida vapensystem

Flera nya forskningsstrukturer har inrättats för att främja forskning om nya vapensystem som ska möta det ryska försvarets framtida behov. Det kanske mest betydelsefulla initiativet tillkom 2012 då regeringen grundade Fonden för avancerad forskning, *Fond perspektivnych issledovanij* (FPI), med det uttryckliga syftet att kraftsamla resurser för att överbygga gapet till Väst vad gäller högteknologisk forskning och utveckling.¹⁰⁶ Fonden ansvarar för FoU-projekt som förväntas ligga till grund för utvecklingen av nästa generations vapensystem och på så sätt utgöra en viktig del av de ryska väpnade styrkornas materielanskaffning under perioden 2025–2030.¹⁰⁷ FPI kan sägas vara en slags accelerator för enskilda projekt.¹⁰⁸

Forskningen bedrivs som gemensamma projekt där FPI samverkar med olika civila och militära forskningsorganisationer. De olika projekten bedrivs i individuella laboratorier.¹⁰⁹ Laboratorierna varierar i storlek, från 10 till uppemot 50 medarbetare. I dessa laboratorier bedrivs forskning och experimentell utveckling med en tydlig inriktning mot militär autonomi, nya material, kvantteknologier och hypersoniska system.¹¹⁰

Det pågår ett antal potentiellt banbrytande forskningsprojekt under FPI:s överinseende. Förutom ett antal konkreta projekt för obemannade farkoster och autonoma system (se nedan) finns flera forskningsprojekt som tydligt faller inom ramen för den ryska teknologiprioriteringen. Ett sådant går under benämningen Krylo-SV och innebär att FPI tillsammans med den ryska rymdmyndigheten, Roskosmos ska försöka skapa återanvändbara raket- och rymdsystem. En prototyp är schemalagd att testas 2022.¹¹¹ Detta rymdteknologiska projekt påminner om det som det amerikanska privata företaget SpaceX har utvecklat under en längre tid. SpaceX genomförde i maj 2021 en lyckad uppskjutning och landning med sin senaste prototyp.¹¹² Bland pågående IT-forskning märks särskilt projektet Liman som utvecklar supraleddare. Projektet leds av FPI tillsammans med Allryska vetenskapliga forskningsinstitutet för automatisering och består av ett konsortium av ledande ryska universitet. Det ryska utbildningsministeriet och Rosatom bidrar också till projektet, som inleddes 2016. Forskningen är tänkt att kunna appliceras på områden som AI och kryptografi.¹¹³ Ett annat projekt som kan komma ryska försvaret till nytta rör framtagandet av avancerade supraleddande material som ska

¹⁰⁶ Federal lag om FPI, nr. 174-FZ, 16 oktober 2012; Schwarz, Paul (2019), s. 158.

¹⁰⁷ *Izvestija* (2016).

¹⁰⁸ FPI jämförs emellanåt med DARPA i USA, även om jämförelsen haltar. För att belysa skillnaderna låg DARPA-budgeten för 2017 omkring 3 miljarder dollar medan FPI:s köpkraftsanpassade budget vid samma tidpunkt ungefärligen uppskattades till 130 miljoner dollar.

¹⁰⁹ FPI:s websida redovisar 16 sådana laboratorier, men totalt uppges fler än 40 laboratorier vara i bruk. Se Fonden för avancerad forskning, FPI:s YouTube-kanal.

¹¹⁰ Se Fonden för avancerad forskning, FPI:s hemsida.

¹¹¹ Fonden för avancerad forskning, FPI, "Krylo-SV".

¹¹² BBC (2021).

¹¹³ Fonden för avancerad forskning, FPI, "Liman".

användas för att skapa prototypmodeller av elektriska motorer. Dessa är tänkta att komma flyg- och marinteknologin till gagn, i synnerhet obemannade luftfarkoster (drönare), *unmanned aerial vehicles* (UAV:er) och mindre fartyg.¹¹⁴ Detta projekt bör ses mot bakgrund av en önskan att genom att minska materialvikten för olika system därmed minska energiförluster.

Inom ramen för forskningen för att ta fram lovande vapen har Ryssland under det senaste decenniet intensifierat sina utvecklingsprogram för hypersoniska system.¹¹⁵ För att uppnå hypersoniska hastigheter är framdrivning det viktigaste teknikområdet.¹¹⁶ Med FPI:s stöd pågår sedan 2014 FoU-projekt kring möjliga motortekniker för att åstadkomma sådana hastigheter. Ett av dessa utvecklingsprojekt leds av konstruktionsbyrån Sojuz, som försöker skapa ramjetmotorer för supersoniska kryssningsrobotar. Ramjetmotorer använder luftens syre till förbränningen.¹¹⁷ Ett annat projekt drivs av Energomasj med uppdraget att ta fram en ny vätskeraketmotor, dvs. en motor som förutom bränsle drivs av flytande syre.¹¹⁸ Slutligen kan nämnas att sjömålsroboten Zircon, med en rapporterad toppfart om Mach 8, som tagits fram av det vetenskapliga produktionsföretaget Masjinostrojenija, förväntas vara redo för provskjutningar 2021.¹¹⁹

Vid sidan av FPI finns ett helt annat slags forskningsinitiativ för det ryska försvarets behov. Det handlar om Försvarsministeriets nya militära innovationscenter Era, som invigdes 2019 men alltså är under uppbyggnad. Era ska uteslutande ägna sig åt militär FoU i 14 prioriterade riktningar. Förutom AI märks områden som robotik, informationssäkerhet, automatiserade lednings- och IT-system, visionsteknik och mönsterigenkänning, informatik och datorteknik, nanoteknologi och ”vapen baserade på nya fysiska principer”.¹²⁰ Centret står under militär ledning, men har ett vetenskapligt koordinationsråd med ansvar för att bevilja forskningsprojekt. Det finns möjlighet att bedriva både individuella forskningsprojekt och projekt inom ramen för den Statliga försvarsbeställningen, *Gosudarstvennyj oboronnyj zakaz* (GOZ).¹²¹

Eras infrastruktur rymmer enligt uppgift hela FoU-kedjan, från grundläggande explorativ forskning till framtagandet av prototyper och tester av nya vapen. Huvudtanken bakom Era är att Försvarsministeriet genom att tillhandahålla en sammanhållen FoU-miljö ska kunna effektivisera och påskynda utvecklingen av nya lovande vapensystem.¹²² Det bör dock tas i beaktande att Eras geografiska

¹¹⁴ Fonden för avancerad forskning, FPI, ”Kontur”.

¹¹⁵ Hypersonisk hastighet brukar definieras som 5–10 Mach, dvs. minst fem gånger ljudets hastighet. Supersonisk hastighet är minst 1 Mach. Hypersoniska vapen ställer stora krav på snabba beräkningar för att hantera kurskorrigeringar. T.ex. vid Mach 6 (havsnivå) så rör sig vapnet 2 meter på 1 millisekund.

¹¹⁶ Berglund, Erik och Hagström, Martin (2020), s. 122.

¹¹⁷ Fonden för avancerad forskning, FPI, ”Laboratorija ‘Detonatsionnyje PVRD’”.

¹¹⁸ Fonden för avancerad forskning, FPI, ”Laboratorija ‘Detonatsionnyje ZjRD’”.

¹¹⁹ TASS (2020). Se även Notte, Hanna (2021).

¹²⁰ Era, ”Pervyj vojennyj innograd”.

¹²¹ Mil.ru (2021).

¹²² Tichonov, Aleksandr (2018).

placering vid Svarta havskusten är långt ifrån de etablerade forskningsklustren, något som kan inverka negativt på innovationspotentialen.¹²³

President Putin har särskilt uttryckt en förväntan om att Era ska spela en viktig roll för utvecklingen av AI-baserade vapensystem.¹²⁴ För den militärt tillämpade AI-forskningen inriktas de ryska ansträngningarna på fyra områden: ansiktsgenkänning, röstigenkänning, hanterandet av autonoma militära system och informationsstöd för vapens livscykel (för de civila AI-prioriteringarna, se kapitel 5, avsnitt 5.2).¹²⁵ På AI-teknologiområdet ställer Era ett fyrtiotal laboratorier och ett databehandlingscentrum till förfogande för de olika FoU-organisationer som etablerat en närvaro i teknopolisen. Bland dessa organisationer finns forskningsinstitut från Försvarsministeriet och Vetenskapsakademin liksom representanter från olika universitet. Flera av försvarsindustrins företag har också etablerat filialer på Eras campus, däribland Kalasjnikov, Suchoj och Tupolev.¹²⁶ Det finns uppgifter om att forskningsmiljön ska användas för att försöka ta fram en rysk kvantdator.¹²⁷

Robotik och autonoma system

På senare år har militär robotik dragit till sig stor uppmärksamhet i Ryssland. Regeringen inrättade 2013 ett forsknings- och testcentrum samt en kommission med uppgift att överse utvecklingen av militär robotik. Året därpå godkände regeringen ett program för utvecklingen av avancerade militära robotar fram till 2025. Därtill kom en plan för förbandssättande av militära robotar senast 2030.¹²⁸ Den Militärindustriella kommissionen har även angivit den ambitiösa målsättningen att 30 procent av Rysslands militära utrustning ska vara robotiserad, och då avses främst semi-autonoma system, vid mitten av 2020-talet.¹²⁹ Med semi-autonoma system avses robotar som fortfarande behöver en mänsklig operatör för beslut om t.ex. målbekämpning. Ryska experter är mycket tydliga med att de tror att robotiken kommer att förändra hur krig förs. Teknologier som AI, autonomi och robotik utgör tvärgående forskningsområden som Ryssland söker integrera inom alla områden av sin militära FoU. Utvecklingen på dessa områden går dock så snabbt att robotik och autonoma system är på väg att etablera sig som en distinkt bransch inom den ryska försvarsindustrin.¹³⁰ Samma utvecklingstendens finns internationellt.

¹²³ Nikolsky, Aleksey (2018).

¹²⁴ Galanina, Angelina, Ljudmirskii, Dmitrii och Kretsul, Roman (2018).

¹²⁵ *RIA Novosti* (2018).

¹²⁶ Zakvasin, Aleksej och Komarova, Elizaveta (2019) "Novaja 'Era': kak Minoborony razvivaet unikalnyj vojennyj technopolis", *RT.com*, 16 april.

¹²⁷ Kisljakov, Maksim (2019).

¹²⁸ Lavrov, Anton (2017), ss. 13–15.

¹²⁹ Stepanov, Alexander (2018).

¹³⁰ *RIA Novosti* (2017).

Att en betydande kraftsamling äger rum inom militär robotik framgår av en genomgång av de många obemannade plattformar som den ryska försvarsindustrin utvecklar för att verka i luften, till sjöss och på marken.¹³¹

Framförallt har Ryssland det senaste decenniet börjat komma ikapp i utvecklingen av mindre luftburna taktiska drönarsystem för spaningsuppdrag. I slutet av 2018 hade de Väpnade styrkorna tillgång till över 2 000 drönarsystem för underrättelser, övervakning och spaning. Ökningstakten sedan 2010 uppgavs ligga på 300 enheter per år.¹³² Det är sannolikt att dessa kommer att kompletteras med medelräckviddiga spaningssystem och attackdrönare under 2020-talet.¹³³ Bland de obemannade luftfarkoster som befinner sig i ett långtgående utvecklingsstadium märks det långräckviddiga Altair och det långräckviddiga medelhöjdsflygande systemet Orion. Utvecklingen av båda dessa system har försvårats av att konstruktionerna initialt baserades på utländska motorer. Sanktionerna efter annekteringen av Krim tvingade Ryssland till att ersätta dessa med egna motorer, vilket visat sig vara en stor utmaning för den ryska försvarsindustrin.¹³⁴ Vid sidan av dessa två system kommer den tunga jetdrivna S-70 Ochothnik. Denna attackdrönare för fjärrstrid har enligt officiella uppgifter varit under utveckling av konstruktionsbyrån Suchoj sedan 2011. Ochothnik gjorde sina första provflygningar 2019. Projektet har varit föremål för förseningar, men förhoppningen är att serieleveranser ska kunna påbörjas före 2025.¹³⁵

På sjösidan gör officiella uttalanden gällande att 17 olika projekt är under utveckling. Satsningarna gäller en rad smarta fartyg och autonoma undervattensfarkoster.¹³⁶ Ett särskilt uppmärksammat exempel rör den autonoma undervattensfarkosten Vitjaz-D som 2020 gjorde en dykning ned till botten på Marianergraven.¹³⁷ Farkosten har tagits fram i ett laboratorium för undervattenssystem under överinseende av FPI och den marina konstruktionsbyrån Rubin i Sankt Petersburg.¹³⁸ Den sammantagna bedömningen verkar vara att den ryska utvecklingen av autonoma undervattensfarkoster befinner sig i ett skede som motsvarar UAV-utvecklingen för ett knappt decennium sedan.¹³⁹

¹³¹ För en noggrann genomgång av förmågeutvecklingen på det militära robotikområdet, se Allik, Sten m.fl. (2021).

¹³² Petrov, Ivan (2018). För en omfattande lista i tabellformat över rysk militär AI och autonoma plattformar, se Appendix D: Russian Military AI and Autonomous Related Systems, s. 193–218; Edmonds, Jeffrey m.fl. (2021).

¹³³ Malmlöf, Tomas och Engvall, Johan (2020), s. 118.

¹³⁴ Cooper, Julian (2021).

¹³⁵ Engvall, Johan (2021).

¹³⁶ Bendett, Samuel (2019).

¹³⁷ *RIA Novosti* (2020).

¹³⁸ Fonden för avancerad forskning, FPI, "Vitjaz-D".

¹³⁹ Bondarev, Viktor N, red. (2021).

Ryssland experimenterar också i stor utsträckning med beväpnade markgående robotplattformar. Det verkliga spjutspetsprojektet är den markgående experimentella robotplattformen Marker.¹⁴⁰ Projektet inleddes i mars 2018 som ett samarbete mellan FPI:s nationella centrum för utveckling av teknologier och grundläggande element för robotik och det vetenskapliga produktionsföretaget Androidnaja teknika. Ambitionen är att plattformen ska användas för att utveckla fullt autonoma robotsystem.¹⁴¹ I övrigt bedrivs utvecklingsarbetet för obemannade markfarkoster, *unmanned ground vehicles* (UGV:er), främst inom Kalasjnikov-koncernen. Den markgående robotplattformen Uran har rönt störst uppmärksamhet och innefattar en rad olika UGV-prototyper, däribland den omskrivna Uran-9, som Ryssland tagit till Syrien för tester i skarpt läge.

Slagfältets roll i FoU-processen

I en rysk antologi om robotisering och framtidens krigföring som publicerades 2021 kartläggs några av de brister som uppdagades vid fältprov av Uran-9 i Syrien:

- Under stridsförhållanden var det genomsnittliga avståndet som Uran-9 kunde verka från den mänskliga operatören 300 till 500 meter.
- Under strid i urban miljö med låg bebyggelse rapporterades 17 tillfällen av kort (upp till en minut) förlust av kontakt och styrning, och 2 tillfällen av lång (1,5 timmar) förlust av kontakt och styrning.
- 30-millimetersautomatkanonen var instabil och riktmedlen fungerade dåligt. Uran-9 kunde endast ge eld stillastående, vilket avsevärt sänker stridseffekten.¹⁴²

I samma konferenspresentation nämner Anisimov även fem generella problem i utvecklingen av robotiserade vapenplattformar i Ryssland:

1. Låg grad av autonomi (t.ex. är Uran-9 semi-autonom).
2. Låg grad av automatisering av t.ex. styrningsprocesser.
3. Otillräcklig bandbredd hos kommunikationsutrustningen.
4. Problem kopplade till automatisk igenkänning av ”vän” och ”fiende” på slagfältet.
5. Roboten styrs av mänsklig operatör på långt avstånd, och operatören är därmed begränsad till information via kameror, mikrofoner, m.m. Detta försvårar snabba och korrekta taktiska beslut.

¹⁴⁰ På ryska benämns Marker och liknande apparater ofta för *robototekhnitjeskie komplekсы*, det vill säga, robot-tekniska komplex, vilket är en inte så förklarande benämning. Det finns ingen allmänt vedertagen benämning på engelska, men *autonomous weapons systems* är en vanlig variant.

¹⁴¹ Fonden för avancerad forskning, FPI, ”Marker”.

¹⁴² S. A. Denisentsev (2021).

Utvärderingarna av de robotiserade plattformarna, såsom Uran-9 och en lång rad andra system, har alltså inte varit odelat positiva. Men det är viktigt att komma ihåg att fältprov som resulterar i digra listor med brister, ger den ryska försvarsindustrin en möjlighet att förbättra konstruktionen och lära sig om systemens taktiska nytta i det fortsatta utvecklingsarbetet.¹⁴³ Ryssland har samlat in så kallade träningsdata för sina AI-algoritmer genom fältprov i Syrien, och i viss mån från kriget i östra Ukraina, och förfogar över större mängder data från skarpa uppdrag än både USA och Kina.¹⁴⁴ Erfarenheterna från fältproven bör alltså ses i ljuset av en långsiktig rysk vision om att robotisera de Väpnade styrkorna. De skäl till satsningen på robotisering som brukar anges är att USA och Väst redan har ett teknologiskt övertag.¹⁴⁵ Men erfarenheterna av att testa ny teknik i fält ger också erfarenheter som Ryssland kan använda för att utveckla sitt doktrinära tänkande och taktiska uppträdande.

Bland prioriteringarna som de Väpnade styrkorna identifierat ingår att de obemannede systemen på egen hand ska kunna känna igen olika mål och använda eldkraft, men även att de ska kunna samverka i grupper och svärmar.¹⁴⁶ Det är värt att notera att den första registrerade bekämpningen av mänskliga kombattanter av en autonom drönare verkar ha skett i Libyen 2020, enligt en FN-rapport.¹⁴⁷ Under Gazakriget 2021 användes autonoma drönare i svärm för första gången för att söka och bekämpa mänskliga mål.¹⁴⁸ Dessa exempel signalerar att autonoma, AI-baserade vapensystem har tagit klivet från ritbordet till slagfältet. Det är sannolikt att Ryssland har eller inom 5–10 år har denna tekniska kapacitet, även om förmågan inte är operativ i dagsläget.

Sammantaget gör detta att Ryssland på ett konkret sätt söker integrera det verkliga slagfältet i FoU-arbetet med att ta fram autonoma vapensystem. Utifrån dessa erfarenheter bedömer ryska experter att helt autonoma markgående vapensystem med förmåga att självständigt identifiera och bekämpa mål ännu ligger tjugo till trettio år framåt i tiden.¹⁴⁹ Även om helt autonoma system dröjer (förutsatt att forskningen över huvud taget lyckas) så förväntar ryska experter att semi-autonoma markgående vapensystem kan komma att introduceras i operativ tjänst i urban krigföring redan omkring 2025.¹⁵⁰ Semi-autonoma markgående vapensystem skulle t.ex. kunna spana och välja mål självständigt, men behöver en människa som fattar beslut om att öppna eld.

¹⁴³ Gustafsson, Pär (2021), s. 47.

¹⁴⁴ Webinarium om rysk militär robotik, Chatham House, juni 2021.

¹⁴⁵ Se Notte, Hanna (2021) för en analys om vikten av externa drivkrafter för att ta fram nya vapensystem.

¹⁴⁶ Bendett, Samuel och Rasser, Martijn (2020).

¹⁴⁷ Hambling, D. (2021).

¹⁴⁸ Gross, Judah Ari (2021).

¹⁴⁹ Bondareva, V.N., red. (2021).

¹⁵⁰ RIA Novosti (2019); se även: Allik, Sten m.fl. (2021).

Ett tänkbart användningsområde för dessa ryska semi-autonoma vapensystem är som ersättning för bemannade pansartätor. En följd av detta kan bli att den konventionella metoden att skapa taktiskt djup och bedriva fördröjningsstrid mot angriparen blir mindre effektiv. Markgående vapensystem skulle kunna attackera omedelbart efter indirekt eld och på mycket kortare avstånd än bemannade enheter.¹⁵¹ En annan fördel för Ryssland med sina långa gränser är att semi-autonoma eller autonoma vapensystem skulle kunna användas i glest befolkade regioner med svag samhällelig infrastruktur, till exempel i Arktis, för att spara på mänskliga resurser.¹⁵²

¹⁵¹ Allik, Sten m.fl. (2021).

¹⁵² Bendett, Samuel (2021), s. 153.

5 Ryska planer för teknisk FoU till 2030

Rysslands politiska ledning strävar efter att göra landet självförsörjande på kritiska teknologier och därmed minska beroendet av omvärlden. Statens säkerhet och suveränitet har dessutom kommit att gå före ekonomisk effektivitet när målkonflikter uppstår.¹⁵³ Den importsubstitutionspolitik som den ryska politiska ledningen införde som svar på västvärldens sanktioner 2014 syftar till att stärka det ryska oberoendet och beväpningsplanen GPV-2027 anpassades troligen för att prioritera att minska effekterna av internationella sanktioner. Officiellt kommunicerade mål på området var att 85 procent av de militära komponenter som måste ersättas med andra som ett resultat av sanktionerna skulle vara inhemskt producerade 2025. Allt tyder dock på att det är en besvärlig process trots importsubstitutionsprogrammen (se avsnittet om rysk mikroelektronik, s. 48). En betydande utmaning kommer att bestå i att öka utbudet av maskinverktyg och elektronikkomponenter och även om man lyckas kommer kostnaderna troligen att öka.¹⁵⁴

5.1 Vetenskaplig bas mot 2030

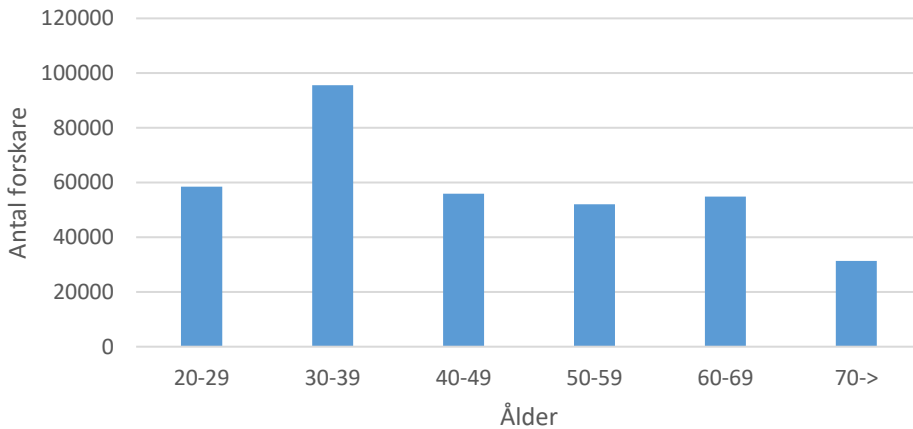
I det här avsnittet diskuteras forskarkåren som är en viktig aspekt av den vetenskapliga basen i ett tioårsperspektiv. Därefter presenteras den statliga och samhälleliga kontext som skapar förutsättningarna för framgångsrik rysk teknikutveckling. Slutligen diskuteras framtida investeringar i FoU.

Åldersfördelningen inom den ryska forskarkåren uppvisar betydande skevheter, vilket framgår i Figur 3. En växande andel forskare under 40 år utgör 44 procent av den ryska forskarkraften. Därtill finns en grupp äldre forskare över 60 år. Däremot finns ett underskott på forskare mellan 40 och 59 år. Denna normalt sett bärande grupp (bestående av medelålders produktiva forskare) utgör en förlorad postsovjetisk forskargeneration. Även om antalet forskare i åldern 30 till 39 indikerar att gruppen produktiva medelålders forskare kommer att öka, finns ett problem med att de yngsta forskarna mellan 20 och 29 år allt tidigare lämnar yrket.¹⁵⁵ När gruppen medelålders forskare ökar om ett tiotal år kommer det sannolikt råda brist på doktorander och postdoktorer i den yngre kohorten (de som idag är 20 till 29 år). Doktorander och postdoktorer gör ofta det vetenskapliga grovjobbet och möjliggör därmed sina äldre kollegors produktivitet. Det är tveksamt om detta kommer att ske i Ryssland under åren fram till 2030.

¹⁵³ Vendil Pallin, Carolina (2020a); Yakovlev (2020).

¹⁵⁴ Connolly, Richard och Boulégué, Mathieu (2018), ss. 29–30; Cooper, Julian (2016), s. 37. Se även slutsatserna om framtiden för rysk maskinutrustning och hur sanktioner försvårar för Ryssland att nå sina målsättningar på området, Malmö, Tomas (2019), s. 69ff.

¹⁵⁵ Rosstat (2020), s. 496. Se även Dezjina, Irina och Jegerev, Sergej (2020).



Figur 3. Åldersfördelning på ryska forskare 2019.¹⁵⁶

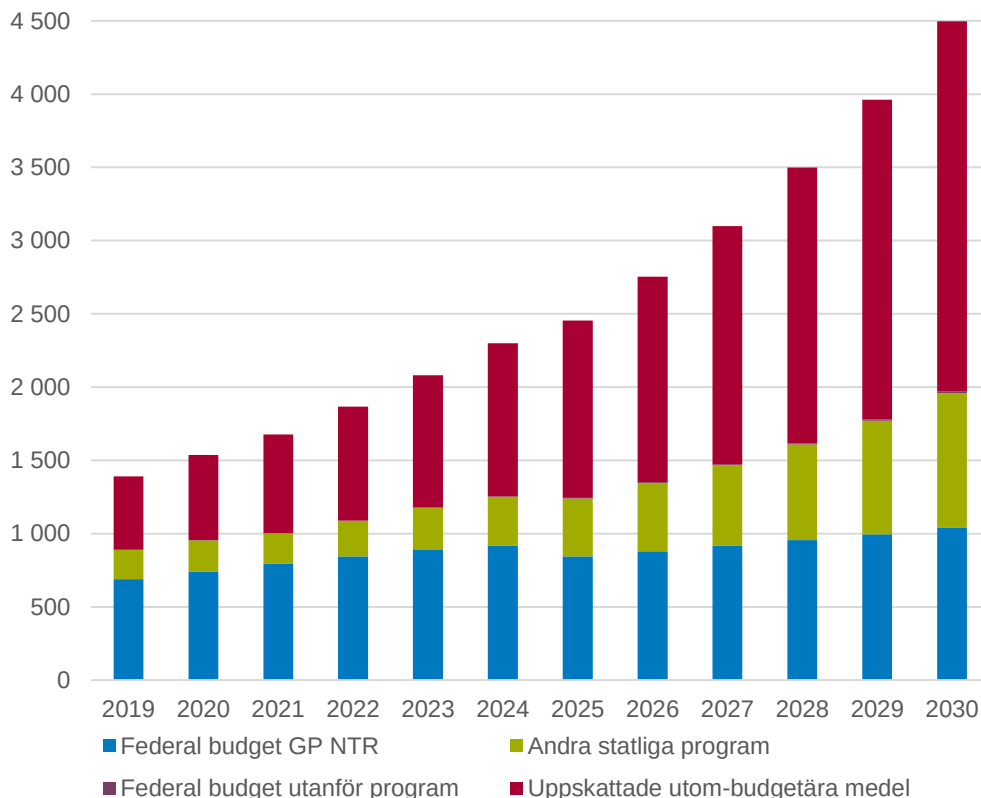
Framtida investeringar i FoU

Som redan nämnts i kapitel 3 har Ryssland i linjetal och i strategidokument sedan länge betonat att landet måste åstadkomma något av ett språng i sin teknologiska utveckling. Samtidigt tycks det inte resultera i att ytterligare resurser tillförs civil FoU. Ökade medel för FoU måste komma från en ökad andel budgetmedel eller genom att näringslivet tillför mer resurser till FoU-sektorn. Rysslands potentiella långsiktiga ekonomiska tillväxt är 1,5 procent. Det gör det osannolikt att resurserna till FoU skulle öka dramatiskt.¹⁵⁷

¹⁵⁶ Källa: Rosstat (2020), s. 496.

¹⁵⁷ Oxenstierna, Susanne (2019), s. 95.

Planerad budget för statliga programmet 2019–2030 (miljarder RUR)



Figur 4. Budget för det statliga programmet för vetenskaplig och teknisk utveckling 2019–2030¹⁵⁸

Anmärkning: Huvuddelen av medel ur den federala budgeten tilldelas inom ramen för det Statliga programmet för vetenskaplig-teknologisk utveckling (GP NTR). Utöver detta ingår medel ur den federala budgeten som inte tilldelas inom ramen för något statligt program (en försvinnande liten andel som inte ens syns i staplarna), men också medel ur andra statliga program, som t.ex. programmet "Digital ekonomi". Utombudgetära medel är t.ex. investeringar från privata näringslivet i FoU.

Den planerade budgeten för det statliga programmet för vetenskaplig och teknisk utveckling sträcker sig från 2019 till 2030. Den totala budgeten för FoU inom ramen för programmet ska öka från 1 390 miljarder RUR 2019 till det tredubbla 2030: 4 497 miljarder RUR. Den federala budgeten skulle bidra 890 miljarder RUR 2019 och 1 970 miljarder RUR 2030.

¹⁵⁸ Källa: Statliga programmet för vetenskaplig-teknologisk utveckling till 2030.

Figur 4 illustrerar denna fördubbling men också hur den andelen utombudgetära medel planerades öka. I planen uppskattades utombudgetära medel utgöra 2 528 miljarder RUR 2030, vilket motsvarar femdubbling från 500 miljarder 2019. Om företagen faktiskt kommer att bidra till samlad FoU-budget enligt dessa planer är högst osäkert.

De företag som får i uppgift att utveckla handlingsplaner tycks också ofta se det som ett tillfälle att föreslå projekt som ska finansieras ur federala budgeten eller genom de olika utvecklingsfonder som existerar. Exempelen på handlingsplaner som regeringen har vägrat godkänna bl.a. därför att Rostec har valt att endast planera för modesta egna investeringar i FoU är talande. Så länge som stora statliga jättar dominerar FoU och tenderar att vinna statliga kontrakt så kommer privata aktörer och mindre företag per automatik ha svårare att få avkastning på egna satsningar på FoU. En FoU-sektor på som hålls under armarna med finansiella stöd och lukrativa kontrakt kommer också att ha föga anledning att ändra sitt beteende i en nära framtid givet den incitamentsstruktur som existerar. Planerna på att satsa 800 miljarder RUR 2020–2024 på att modernisera elektronikindustrin sker med en förhoppning om att det ska resultera i en export av nya generationens elektronik på knappt 49 miljarder 2024 och en inre marknad på 466 miljarder RUR. Det ger intrycket av att det knappast är en politik som syftar till att få elektronikindustrin att nå en hållbar utveckling. Snarare är det nationella säkerhetsöverväganden i termer av isolationism och självförsörjning som ligger bakom den förda politiken.¹⁵⁹

Inom den civila sektorn sker således tilldelningen av medel till FoU fortfarande främst genom den federala budgeten och genom medel som kontrolleras av forskningsfonder som Skolkovofonden och Fonden för främjande av innovationer. Olika ministerier, som Ministeriet för digital utveckling och Industriministeriet, ansvarar för uppföljning och utbetalningar inom ramen för de olika handlingsplaner som existerar. Inte sällan överlappar olika handlingsplaner varandra och det är svårt att avgöra vilka satsningar som verkligen är nya. Ofta rör det sig om en omfördelning av redan reserverade budgetmedel inom ett redan existerande regeringsprogram.

Militära investeringar är ännu svårare att uppskatta. Ur försvarsbudgetarna för åren 2016–2018 framgår att budgetposten ”tillämpad FoU inom försvarsområdet” tilldelades 325 miljarder 2018.¹⁶⁰ Det motsvarade liksom tidigare år omkring 10 procent av den totala försvarsbudgeten och tilldelning av budgetmedel till militär FoU utgjorde cirka en tredjedel av den totala statliga budgettilldelningen till FoU.¹⁶¹ Som även har nämnts ovan gav det Statliga beväpningsprogrammet för

¹⁵⁹ Kinjakina, Jekaterina och Isakova, Tatiana (2020).

¹⁶⁰ Oxenstierna, Susanne (2019), s. 100.

¹⁶¹ Malmlöf, Tomas och Engvall, Johan (2019), s. 109.

2018–2027 (GPV-2027) mer prioritet åt FoU än tidigare program.¹⁶² FPI (se kapitel 4, avsnitt 4.3) och Försvarsministeriet (främst GPV) är de viktigaste kanalerna för FoU-pengar inom militära sektorn. Preliminära siffror för GPV-2034 ger vid handen att finansiering kommer att ligga på samma nivå, som de två tidigare beväpningsprogrammen (GPV-2020 och GPV-2027) dvs. på drygt 21 000 miljarder rubel.¹⁶³ Det skulle innebära en minskning i praktiken då finansieringen inte tycks kompenseras för kostnadsökningar.

Förutsättningar för rysk teknikutveckling

I och med den militärreform som Ryssland inledde 2010 ökade försvarsutgifterna markant. Det innebar att Väpnade styrkorna fick mer och modernare materiel, men också att utveckling av helt nya vapensystem tog ett kliv framåt, något som framgår i kapitel 4. Samtidigt är det tydligt att Ryssland fortfarande lever på den vetenskapliga bas som etablerades och utvecklades i Sovjetunionen. En grundläggande fråga är i vilken utsträckning Ryssland lyckas etablera en förnyad bred vetenskaplig bas.

Vissa forskare, t.ex. den amerikanske vetenskapshistorikern Loren Graham, har försökt förklara Rysslands historiska problem med att ta tillvara på ny teknik och integrera den i ekonomin med landets auktoritära modell.¹⁶⁴ Andra centraliserade stater såsom Singapore, Sydkorea och Japan kunde dock bli framgångsrika – om än i en annan historisk era. Beslutsfattande i dessa frågor är centraliserat i Ryssland och landets teknikutveckling kan därmed gynnas av stora statliga satsningar inom utvalda teknikområden, inte minst inom militär FoU. Detta är inte den enda möjliga modellen för teknikutveckling, men det är den modell som den politiska ledningen i Ryssland har valt. Valet av modell för teknikutveckling är i mångt och mycket en konsekvens av den ryska ledningens realpolitiska diagnos som betonar att statens säkerhet, handlingsfrihet och suveränitet är det mål som trumfar alla andra mål. Det innebär att Ryssland även fram till 2030 kan utveckla avancerad militär teknik dels med hjälp av den sovjetiska vetenskapliga basen dels genom att koncentrera resurser till vissa områden. Samma sak kan gälla snävare civila teknikområden. Ryssland anser sig t.ex. ligga långt fram vad gäller vissa underkategorier av digitala tvärteknologier (se Tabell 5 nedan). Till exempel är det fallet för vissa AI-områden och inom kvantteknologi. Ryssland kan också förbättra sina förutsättningar genom ett intensifierat samarbete med t.ex. Kina.

Förutsättningarna är dock små för att nå ett genombrott på bred front inom teknikutvecklingen. Det finns inga tecken på att Rysslands ekonomiska tillväxt kommer att öka de närmaste åren samtidigt som landet även fortsatt troligen kommer att satsa endast cirka en procent av BNP på FoU. Historiskt har FoU framför allt ägt

¹⁶² Westerlund, Fredrik och Oxenstierna, Susanne, red. (2019.), s. 18,

¹⁶³ Nikolsky, Aleksey (2021).

¹⁶⁴ Graham, Loren (2013).

rum inom statliga sektorn och då särskilt inom den militära delen. Det finns inga tecken på att ryskt näringsliv inom en nära framtid skulle komma att investera stora belopp i FoU. Rysslands politiska och ekonomiska system hämmar innovationskraft underifrån och kopplingen mellan det privata näringslivets entreprenörer och statligt styrda FoU-projekt är notoriskt svag.¹⁶⁵ Rysk FoU har svaga kopplingar till både industrin och universiteten medan kunskapsöverföringen mellan den militära och civila sektorn fortsätter att vara nära nog obefintlig.¹⁶⁶

Branscher som IT och elektronik fortsätter att släpa efter betänkligt i en internationell jämförelse med negativ inverkan på såväl civil som militär teknologisk FoU. Dessa brister kan komma att försvaga Rysslands möjligheter att hinna ifatt och förbi inom nästa generations teknologier.¹⁶⁷ Svårigheter att behålla kompetent personal är vidare ett stort problem. Som noteras i kapitel 4 fortsätter Ryssland, trots att landet är relativt utvecklat, att förlora forskare.¹⁶⁸ Bristen på forskare, utvecklare och annan personal är också det hinder som oftast återkommer i de handlingsplaner som behandlas i avsnitt 5.2. Ryssland har en lucka i sin åldersstruktur (se Figur 3) vad gäller anställda inom FoU. Inom de kommande två decennierna borde den ökande andelen anställda i åldern under 40 år komma i sin mest produktiva fas. Ett problem är dock att den efterföljande kohorten är liten.

Det *Statliga programmet för vetenskapligt-teknologiska utveckling* från 2019 diskuterar i mångt och mycket dessa problem.¹⁶⁹ Det federala målprogrammet *Forskning och utveckling enligt prioriterade utvecklingslinjerna inom vetenskapliga-teknologiska komplexet 2014–2021* föreslår behovet av att ”forskartalanger från andra länder”.¹⁷⁰ Samtidigt kommer indikationer på att Ryssland fortsätter att förlora forskare till utlandet snarare än motsatsen.¹⁷¹ Inhemska forskare riskerar dessutom att bli än mer isolerade från internationell forskning t.ex. genom tilläggen i lagen om utbildning.¹⁷²

5.2 Milstolpar och vägvisare inom digitala teknologier

För all planering krävs en klar bild av vad som är målet men också delmål eller milstolpar på vägen. Inte sällan anger ryska dokument dessa i siffror (t.ex. antal ryska patent inom ett teknologiområde ett visst årtal), i procenttal (t.ex. andel av

¹⁶⁵ Se även hur Tor Bukkvoll, Tomas Malmlof och Konstanting Makienko (2017) argumenterar för behovet av ”teknologimäklare” mellan FoU och marknaden i Ryssland, ss. 239ff.

¹⁶⁶ Se Strategin för vetenskaplig och teknologisk utveckling från 2016.

¹⁶⁷ Se t.ex. Dear, Keith (2019), s. 45.

¹⁶⁸ RBC (2021).

¹⁶⁹ Statligt program för vetenskaplig-teknologisk utveckling, regeringsförordning nr. 377, 29 mars 2019.

¹⁷⁰ Federalt målprogram, ”Forskning och utveckling enligt prioriterade utvecklingslinjerna inom vetenskapliga-teknologiska komplexet 2014–2021”, regeringsförordning nr. 426, 21 maj 2013.

¹⁷¹ Skomorozhov, Roman (2021).

¹⁷² *Ibid.* Se även Lemutkina, Marina (2021) och Weiss, Andrew S. (2021), s. 7.

en marknad) eller i t.ex. investeringssummor. I själva verket är ofta målen mer anpassningsbara än precisionen ger intryck av. Till exempel finns målsättningar om att en ökande andel av produktionen inom försvarsindustrin ska vara ”civil”, 30 procent till 2025 och 50 procent till 2030.¹⁷³ Exakt hur civil produktion definieras är mer oklart och målen kan också nås genom att rapportera in en lägre militär produktion. Direktören för OSK United Shipbuilding Company, som står för åttio procent av rysk varvsproduktion, anger att den militära fartygsbyggnationen kommer att minska fram till 2030.¹⁷⁴

Eftersom olika organisationer på den civila sidan (ibland ett vetenskapligt institut, ibland ett teknologiföretag) har haft ansvar för att utveckla handlingsplanerna skiljer sig också sättet att prioritera och formulera mål åt. Därmed är det ofta intressant att notera milstolpar främst i termer av storleksordning, magnituden på den förändring som handlingsplanen sätter som mål på ett visst område, snarare än exakta siffror.

På grund av hur planeringssystemet är konstruerat och hur olika dokument avlöst varandra finns framför allt två årtal som återkommer i de officiella dokumenten för civil teknologikutveckling. Det första är årtalet 2024, vilket är det år då Strategin för vetenskaplig-teknisk utveckling, antagen i december 2016 skulle gå i mål.¹⁷⁵ Eftersom Programmet för vetenskaplig grundforskning 2021–2030, som antogs 2020, i många delar överlappar med föregående program finns ofta både 2021 och 2024 kvar som etappårtal. Det andra årtalet är 2030 och mot denna längre planeringshorisont riktar sig de senare planerna. Målsättningarna för 2024 är därmed mer specifika än de för 2030. För handlingsplaner är det framför allt 2024 som är det viktiga årtalet, medan 2030 är ett årtal för mer generella målsättningar i strategier och program.

Elektronikindustrin mot 2030

Ryssland är, liksom andra länder i den globala ekonomin, beroende av utländska tillverkare av halvledare. Halvledare finns idag i alla möjliga olika apparater, från brödrostar och mobiltelefoner till självkörande bilar och stridsflygplan. Halvledare är en förutsättning för t.ex. artificiell intelligens och robotik. Världsmarknaden för halvledare domineras av Taiwan Semiconductor Manufacturing Company som är kontraktstillverkare med kunder över hela världen.¹⁷⁶ Förutom halvledare har Ryssland brist på inhemskt producerad programvara.

I början av 2020 antog den ryska regeringen Strategi för utveckling av elektronikindustrin till 2030. Den avlöste den tidigare strategin som sträckte sig till 2025. I strategin framgår det att behovet av att ha en inhemsk elektronikindustri är både

¹⁷³ Putin, Vladimir (2020).

¹⁷⁴ Zgirovskaja, Ekaterina (2021).

¹⁷⁵ Kinjakina, Jekaterina och Isakova, Tatiana (2020).

¹⁷⁶ Reuters (2021).

en nationell säkerhetsfråga och en nödvändig förutsättning för rysk teknologi-utveckling generellt. Strategin pekar på en rad framgångar jämfört med tidigare period, men också på utmaningar som kvarstår. Bland annat lider industrin fortfarande av en brist på modern produktions-, kontroll- och mätning- samt testutrustning. Enligt strategin är vanan att köpa utrustning från utlandet ett problem liksom även att utrustning endast tillverkas i små serier, främst för militära behov, vilket gör de omöjligt att bygga en produktion med egen ekonomisk bärkraft.¹⁷⁷

Bland milstolpar i strategin återfinns bl.a. att vinsten som genereras från elektronikindustrin ska dubblas i termer av andel av BNP från 1,8 procent till mellan 3 och 3,8 procent. Dessa andelar beror på vilket scenario som bestämmer utvecklingen: ett mer pessimistiskt, eller ”konservativt” som strategin benämner det; ett målscenario som troligen utgör den utveckling som kanske är nåbar medan innovationsscenario troligen bedöms som både det mest önskvärda och minst troliga (se Tabell 4). Andra milstolpar är att andelen civil elektronikproduktion ska fördubblas från att förse en tredjedel av den inhemska marknaden 2018 till två tredjedelar i målscenario för 2030. Milstolparna för export uttryckt i USD skulle innebära en tredubbling i målscenario (se Tabell 4).

Tabell 4. Exempel på milstolpar i Strategin för utveckling av elektronikindustrin till 2030.

	2018	2030 (K)*	2030 (M)*	2030 (I)*
Vinst som andel av BNP (%)	1,8	3	3,5	3,8
Andel rysk civil produktion på den inhemska marknaden (%)	31	42,7	57,4	63,3
Rysk export (USD)	4 160	10 090	12 020	14 800

*Milstolparna för 2030 i strategin för 2030 är uppdelade i ett konservativt (K) scenario, ett målscenario (M) och ett innovationsscenario (I).

Återigen fick Rostec huvudansvar för att utveckla en handlingsplan baserad på strategin för elektronikindustrin. Denna handlingsplan med namnet ”Nya generationen av mikroelektronik och skapandet av en elektronisk komponentbas” har inte gått att hitta och har antingen inte antagits eller bara inte publicerats. Den granskades av en rad ministerier tidigt hösten 2020 och sträcker sig till 2024.¹⁷⁸ Det korta tidsspannet är en indikation på att handlingsplanen redan hösten 2020 var försenad.

En hel del kritik fanns också mot planens milstolpar. Rostec utlovade enligt ryska medieuppgifter i sin handlingsplan att målet skulle vara att producera chip med 65, 28 och 14 nanometers tillverkningsteknik till 2024. Som en jämförelse bygger den senaste modellen av iPhone på 7 nanometers tillverkningsteknik, medan iPhone 6S

¹⁷⁷ Strategi för utveckling av elektronikindustrin till 2030, regeringsorder nr. 20-r, 17 januari 2020.

¹⁷⁸ Kinjakina, Jekaterina och Isakova, Tatiana (2020).

hade chips med 14 nanometers tillverkningsteknik. Rostec hade också som mål att kunna tillverka chips för SSD-minnen (*solid-state drive*-minnen) med 96 lager och en processor på 25–30 nanometer. Som en jämförelse vad gäller antal lager, producerade ett koreanskt företag SSD-minnen med 96 lager för försäljning redan 2019 och hade utvecklat ett SSD-minne med 176 lager 2020.¹⁷⁹ Företaget Intel tillkännagav sommaren 2021 att företaget siktar mot processorer under 1 nm mot 2025; sedan länge har Intel tillverkat processorer med 14 (eller mindre) nanometers transistorer.¹⁸⁰ Flera kritiker pekade på att även om handlingsplanen skulle gå i mål, skulle det ändå innebära att Ryssland fortsatte att ligga efter.¹⁸¹ Handlingsplanen liksom strategin har också kritiserats för att de är inriktade på att uppnå självförsörjning snarare än att skapa en elektronikindustri som kan bära sina investeringskostnader. Företrädare för halvledarindustrin utanför Rostec pekade också på hur den planerade produktionen av mikrochip saknade koppling till programvara och hårdvara som den skulle användas i.¹⁸²

Förutom att satsa budgetmedel i elektronikindustrin har regeringen, inte minst efter sanktionerna 2014, infört en importsubstitutionspolitik för att främja inhemska tillverkare inom en rad branscher, inklusive på IT-området där självförsörjning dessutom är något av en nationell säkerhetsfråga.¹⁸³ På elektronikområdet innebär importsubstitutionskraven att utrustning måste kvalificera sig som inhemskt tillverkade i särskilda register för att de ska kunna komma ifråga när myndigheter eller företag med statligt ägande gör upphandlingar. Till exempel måste system för datalagring fr.o.m. 1 januari 2021 ha ryskproducerade processorer och från 2022 ställs samma krav på bl.a. bärbara och stationära datorer samt moderkort.¹⁸⁴ Dessa krav kan i viss mån stimulera inhemsk tillverkning av mikroelektronik, men det sker till ett högt pris och riskerar att hämma och försena annan teknisk utveckling (se även Kapitel 4, s. 33).

Handlingsplanerna för ”digitala tvärteknologier”

Under 2019 skulle handlingsplaner inom ramen för regeringsprogrammet ”Digital ekonomi” för digitala tvärteknologier utarbetas. Inledningsvis rörde det sig om nio tvärteknologier.¹⁸⁵ Under året utsattes handlingsplanerna för en serie granskningar och ett ”stresstest” och som ett resultat av detta godkändes sju för vidare implementering (se Tabell 5).¹⁸⁶

¹⁷⁹ SK hynix (inget årtal).

¹⁸⁰ Roach, Jacob (2021).

¹⁸¹ *Ibid.*

¹⁸² Mechanik, Aleksandr (2020).

¹⁸³ Se analys av denna aspekt i den ryska informationssäkerhetsdoktrinen, Vendil Pallin, Carolina (2020), ss. 125–126.

¹⁸⁴ Korolev, Nikita och Stepanova, Julija (2021).

¹⁸⁵ Ministeriet för digital utveckling (2019).

¹⁸⁶ *D-Russia* (2019). Se även den övergripande presentationen handlingsplanerna från Ministeriet för digital utveckling.

De nio ursprungliga tvärteknologierna var (de som ej godkändes är nedan kursiverade):

1. Artificiell intelligens (från början ingick även neuroteknologi)
2. Förstärkt och virtuell verklighet
3. Kvantteknologi
4. *Big data* (denna inriktning övergavs och infördes till dels i AI-handlingsplanen)
5. Nya produktionsteknologier
6. Komponenter för robotteknik och sensorkomponenter
7. Distribuerade liggare
8. Trådlös kommunikation
9. *Industriellt internet* (Rostec presenterade en handlingsplan som blev föremål för en hel del kritik, se även avsnittet om handlingsplanerna som aldrig kom igång, s. 62).

Tabell 5. Handlingsplaner för digitala tvärteknologier till 2024¹⁸⁷

Handlingsplan (ansvarig)	Underkategori	PRIO	Rysk UGT	Int. UGT
AI (Sberbank/Sber)				
	Datorsyn	1	6	6
	Bearbetning av naturligt tal	2	6	6
	Röstigenkänning och talsyntes	2	5	5
	Beslutsstödsystem	1	5	7
	Framtidsmetoder och teknologier inom AI (generell AI)	3	2	2
Förstärkt och virtuell verklighet (Fjärran österns federala universitet)				
	Medel för att utveckla VR/AR-innehåll och teknologier för att förbättra användarerfarenhet (UX) från utvecklaren sida	1	8	9
	Plattformslösningar för användare; redigering för skapande av innehåll och dess distribuering	1	6	7
	Teknologier för att fånga rörelse i VR/AR och fotogrammetri	1	7	9
	Gränssnitt för återkoppling och sensorer för VR/AR	2	6	7
	Teknologier för grafisk presentation	2	7	9
	Teknologier för optimering av dataöverföring för VR/AR	3	5	9

¹⁸⁷ Tabellen är en sammanställning av samtliga handlingsplaner för digitala tvärteknologier. I dessa framgår t.ex. vilka områden inom varje tvärteknologi som är prioriterade (PRIO) samt vilken mognadsgrad (UGT) Ryssland bedömer att teknologin har inom landet respektive internationellt (se även Tabell 1 för en jämförelse mellan *technology readiness level* (TRL) och *uroven gotovnosti technologii* (UGT), s. 10).³

Kvantteknologi (Nationella universitetet för vetenskap och teknik "MISIS")				
	Kvantberäkning	1	2–4	3–5
	Kvantkommunikation	1	5–7	9
	Kvantsensorer och –mätteknik	1	0–5	2–9
Nya produktionsteknologier (Sankt Petersburgs statliga tekniska universitet)				
	Digital projektering, matematisk modellering och styrning av en produkts eller produktions livscykel	1	5–9	6–9
	Teknologier för smart tillverkning	2	3–9	5–9
	Manipulatorer och teknologier för manipulering	2	6	9
Robotteknik- och sensorkomponenter (Teknologiparken "Innopolis")				
	Sensorer och digitala komponenter som ingår i robotteknikkomplex för samverkan mellan människa och maskin	1	7	7
	Teknologier för sensor-motorisk koordination och rumspositionering	1	6	9
	Sensorer och bearbetning av sensorinformation	3	6	9
System för distribuerad liggare (Novosibirsk institut för programsystem)				
	Teknologier för att säkerställa helheten för data och att de inte motsäger varandra (konsensus)	1	8	8
	Teknologier för att skapa och använda decentraliserade applikationer och smarta kontrakt	2	6	7
	Teknologier för att organisera och synkronisera data	3	7	8
Teknologier för trådlös kommunikation (Nationellt centrum för informatisering – ingår i Rostec)				
	WAN 5G	1	2	8
	LTE	1	4	9
	LP WAN	2	9	9
	WLAN LI-FI	2	6	8
	WI-FI	2	7	9
	PAN	3	9	9
	Satellit-kommunikation Bredband	3	5/9*	9
	Personlig	3	5	6
	IoT	3	2	2

*Handlingsplanen bedömer att Ryssland ligger långt fram vad gäller att använda ej geostationära satelliter (UGT 9), men inte när det gäller geostationära satelliter (UGT 5).

Artificiell intelligens

Det saknas en internationellt accepterad definition av artificiell intelligens (AI) men det kan sägas att AI är en process för maskinlärning genom att identifiera

mönster i stora datamängder.¹⁸⁸ Det identifierade mönstret kan sedan användas av AI-algoritmerna för att fatta beslut och göra bedömningar i verkliga situationer. Ett exempel är ansiktsgenkänning som ofta baseras på träningsdata bestående av foton insamlade på internet, vilken sedan används för att känna igen ansikten från t.ex. övervakningsfilmer från offentliga platser. Den ryska handlingsplanen definierar AI som en uppsättning teknologiska lösningar som imiterar en människas kognitiva funktioner där resultatet åtminstone ska kunna jämföras med en människas intellektuella verksamhet. Det är också väl i linje med andra definitioner av AI. Liksom andra bedömningar anger handlingsplanen att generell AI, dvs. AI som inte är begränsad till specifika, begränsade uppgifter utan ligger närmare en mänsklig form av intelligens, ligger långt fram och därmed är det en underkategori som är lågt prioriterad.¹⁸⁹

Rysslands största bank, Sberbank, var ansvarig för att samordna och ta fram handlingsplanen för AI.¹⁹⁰ Även om andra bolag, t.ex. Yandex, bidrog till arbetet, är det tydligt att Sberbank har tagit något av en ledande position i Ryssland inom utvecklingen av AI. I september 2020 antog Sberbank t.o.m en ny logotyp för att understryka sin nya profil – ordet ”bank” togs bort och logotypen lyder numera ”Sber”. Redan 2011 skapade Sberbank ett dotterbolag, SberTech, och har numera en bred portfölj på området – alls inte begränsad till finansiella tjänster. Att Sberbank tilldelades den roll som koncernen nu har inom AI har troligen flera skäl. Det är ett statligt företag och därmed pålitligt ur ett Kremlperspektiv, men samtidigt en koncern som redan hade en verksamhet på området och en egen riskkapitalfond. Vidare kan en anledning vara att det ekonomiska blocket, bestående av t.ex. Ministeriet för ekonomisk utveckling och Finansministeriet inom den ryska regeringen, såg det som ett sätt att freda civil AI-utveckling från att domineras av säkerhets- och underrättelsetjänsters behov och överväganden.¹⁹¹

Handlingsplanen skulle ursprungligen ha omfattat även neurologiska användningsområden (neuroteknologi). Detta föll dock bort efter att det rekommenderades i maj 2019 av den samrådsgrupp mellan myndigheter och näringsliv som hade en nyckelroll i processen, ”ANO Digital ekonomi”.¹⁹² Högst prioritet skulle enligt handlingsplanen ges åt underkategorierna datorsyn och system för beslutsstöd (se Tabell 5), främst baserat på att dessa områden låg närmast till hands för kommersialisering.¹⁹³

¹⁸⁸ Enligt den empiriska studie som Kate Crawford (2021) genomförde om den globala AI-industrin var begreppet artificiell intelligens att betrakta som en marknadsföringsterm gentemot finansiärer och allmänheten.

¹⁸⁹ Handlingsplan för (STsT) neuroteknologi och artificiell intelligens, 2019,. Se även Brynielsson, Joel och Johansson, Fredrik (2020), s. 30.

¹⁹⁰ Ministeriet för digital utveckling (2019).

¹⁹¹ Petrella, Stephanie, Miller, Chris och Cooper, Benjamin (2020), 79ff.

¹⁹² Se Ryska regeringens informationsportal om digitala teknologier, ”Nejrotehnologii i iskusstvennyj intellekt”. ANO står för autonom, ej kommersiell organisation.

¹⁹³ Handlingsplan för (STsT) neuroteknologi och artificiell intelligens, 2019.

Bland de hinder som planen identifierade på AI-området fanns bristen på forskare och utvecklare, att Ryssland hade få ledande forskningscentra i en internationell jämförelse och dessutom för lite internationellt samarbete samtidigt som sanktioner skapade problem. Fortfarande tappade också Ryssland forskare på området till utlandet. Vidare fanns än så länge en låg efterfrågan från företag på AI-lösningar samtidigt som statlig reglering och branschmonopol skapade hinder. Att Ryssland inte har nått en tillräcklig nivå vad gäller utvecklingen av mikroprocessorer i termer av hastighet och energieffektivitet är ytterligare ett hinder. Slutligen pekar handlingsplanen på bristen på stora volymer av användbara data. Handlingsplanen ligger väl i linje med de hinder som den ryska AI-strategin också pekar ut.¹⁹⁴

En av de mer övergripande målsättningarna i handlingsplanen var att AI som andel av rysk BNP skulle vara 0,8 procent 2024 och 3,6 procent 2030, att jämföra med att AI:s andel internationellt skulle vara 2,6 procent 2030.¹⁹⁵ Inom den prioriterade underkategorin datorsyn är målsättningen att Ryssland 2024 ska kunna generera och leverera en syntes av bild och video i 2D och 3D utan att en människa kan skilja en syntetiserad video från en verklig (2018 kunde en människa fortfarande relativt lätt se om en video var syntetiserad). Vidare skulle teknologin 2024 klara att identifiera en stor mängd objekt (fler än 200) i bildmaterial i realtid och i komplicerad miljö (i termer av väder och annan påverkan). Medicinskt skulle datorsyn 2024 klara att utifrån foton och t.ex. MRT (magnetisk resonanstomografi, s.k. magnetröntgen) diagnostisera mer än tjugo sjukdomar bättre än en människa. Rysslands bedömning är att landet befinner sig på ungefär samma nivå som de ledande nationerna internationellt vad gäller datorsyn (se Tabell 5).¹⁹⁶

Förstärkt och virtuell verklighet

Handlingsplanen för förstärkt (AR) och virtuell (VR) verklighet konstaterar att det finns en rad ryska företag som ligger långt fram inom konkreta segment och framhåller AR och VR som nyckeln till en ny nivå av interaktion mellan människa och maskin. Generellt ligger Ryssland på en TRL-nivå 1–2 steg bakom de ledande internationellt inom de olika underkategorierna enligt handlingsplanen. Undantaget är teknologier för optimering av dataöverföring för VR/AR, där Ryssland släpar efter mer väsentligt, men det är också den underkategori som handlingsplanen ger lägst prioritet framöver (se Tabell 5). Generellt aviserar handlingsplanen att en satsning kan ge Ryssland en ledande plats internationellt särskilt inom vissa branscher och dessutom en roll i att bestämma internationell standard inom bygg-, olje- och gasbranschen samt inom maskin- och utvinningsindustrin.¹⁹⁷

¹⁹⁴ Nationell strategi för utvecklingen av AI, presidentdekret nr. 490, 10 oktober 2019

¹⁹⁵ *Ibid.*

¹⁹⁶ *Ibid.*

¹⁹⁷ Handlingsplan för (STsT) förstärkt och virtuell verklighet, 2019.

Handlingsplanen pekar på hinder för AR/VR-utveckling t.ex. i form av svårigheter att finansiera utvecklingsprojekt eftersom det dröjer innan de resulterar i produkter på marknaden. Andra hinder är bristen på specialister, att många inom arbetskraften inte är vana att arbeta med teknologin och att industriföretag av säkerhetsskäl har stängda nät, vilket gör det svårt att komma in med nya teknologiska lösningar.¹⁹⁸

De två underkategorier som prioriteras högst inom AR/VR är dels sätt att utveckla innehåll och användarerfarenhet, *user experience* (UX), från utvecklaren sida, dels plattformar för användare. För samtliga underkategorier finns konkreta mål 2024. Till exempel ska andelen format för ingenjör- eller annan grafik som stöds av en universell omvandlare ha ökat från 25 procent 2021 till 90 procent 2024. Handlingsplanen föreslår också att Ryssland ska satsa på de ledande företagen inom AR och VR, men också att man skapar projektkontor som ”acceleratorer”, som snabbt kan ta fram pilotprojekt som kan testas i så verklig miljö som möjligt.¹⁹⁹

Kvantteknologi

Området kvantteknologi utmärker sig dels genom att det är intimt förknippat med nationell säkerhet, dels för att samtliga tre underkategorier är prioriterade. Det är också den enda handlingsplanen som citerar ett avsnitt i ett av Putins linjetal från 2016. Nationella universitetet för vetenskap och teknik ”MISI” var sammanhållande i att ta fram handlingsplanen.²⁰⁰ Tre statliga företag har dessutom spelat nyckelroller i att ta fram handlingsplanen: Rostec, som hade en roll i kvantsensorer, Ryska järnvägar, som ansvarade för kvantkommunikation och Ryska atomenergimyndigheten, Rosatom, som fick ansvar för kvantberäkningar.²⁰¹ Handlingsplanen konstaterar att industrin för kvantteknologiska lösningar fortfarande håller på att formas och att det därmed finns god möjlighet för Ryssland att hålla sig framme i ”kvantkapplöpningen” trots att landet idag befinner sig något efter. Optimismen är påtaglig i handlingsplanen från 2019 med tanke på att Ryssland i en internationell jämförelse från 2017 fortfarande stod för en relativt liten andel av de totala satsningarna globalt (2%) medan EU, USA och Kina låg väsentligt högre.²⁰²

Antalet vetenskapliga publiceringar om kvantteknologi ska enligt handlingsplanen öka från 560 stycken 2019 till 1 200 stycken 2024. Bland flera mått på hur rysk kvantteknologi ska utvecklas kan nämnas att antalet kvantbitar i en kvantdator baserad på supraledande kretsar ska gå från att vara 2 stycken 2019, till mellan 5

¹⁹⁸ *Ibid.*

¹⁹⁹ *Ibid.*

²⁰⁰ Handlingsplan för (STsT) kvantteknologi, 2019.

²⁰¹ Krivosjapko, Julija (2019a). Ryska järnvägar (*Rossijskije zjeleznyje dorogi*, RZjD) har haft en viktig roll i rysk IT-utveckling. Bland annat läggs fiberkabel parallellt med järnvägsspår.

²⁰² Jonsson, Per och Kjäll, Jonas (2020) ”Kvantteknologi”, ss. 70–71.

och 10 kvantbitar 2021 och 30–50 kvantbitar 2024.²⁰³ I en internationell jämförelse innebär det att Ryssland inte skulle befinna sig bland ledande nationer på området 2024. Google hävdade att företaget hade byggt en kvantdator med 53 kvantbitar redan 2019 och det kanadensiska företaget ColdQuanta tillkännagav 2021 att man till hösten skulle presentera en kvantprocessor med 100 kvantbitar tillsammans med IBM Quantum Network.²⁰⁴ Chalmers tekniska högskola har ett forskningsprojekt som 2020 hade tagit fram en dator med två kvantbitar och som framöver har som mål att bygga en kvantdator med 100 kvantbitar.²⁰⁵ Det finns en skillnad utifrån huruvida kvantbitarna är generella eller inte. Generella kvantbitar kan lösa fler problem.²⁰⁶ Utan information om kvaliteten på kvantbitarna är det därmed svårt att jämföra olika projekt, men Chalmers projekt riktar t.ex. in sig på kvantbitar av hög kvalitet. Det framgår inte i handlingsplanen vilken typ av kvantbitar Ryssland kommer att fokusera på.

Att området är så pass nära förknippat med landets nationella säkerhet gör det också troligt att det kommer att vara prioriterat och statliga medel satsas. Framför allt skulle en generell kvantdator kunna dekryptera de kryptografiska lösningar som idag anses säkra i en tidshorisont mot 2045. En aktör som lyckas ta fram en kvantdator skulle därmed kunna lamslå motståndares militära system och infrastruktur.²⁰⁷ Redan 2021 kom nyheter om att Ryssland hade byggt sitt första kvantnätverk mellan Moskva och Sankt Petersburg, dvs. ett nätverk som ska kunna leverera hög kryptosäkerhet med hjälp av kvantlösningar. Även om Kina ligger före är detta en viktig markör. Dock hade Ryssland sedvanliga problem vad gäller att få näringslivet att inse fördelarna och göra nödvändiga investeringar för att kunna använda Rysslands första kvantnät.²⁰⁸

Nya produktionsteknologier

Handlingsplanen, som tagits fram av Sankt Petersburgs tekniska universitet, konstaterar att ”digital tvilling-teknologi” är central för samtliga tvärteknologierna. En ”digital tvilling” är en virtuell kopia av ett fysiskt objekt eller en process, som gör att man kan analysera data och avhjälpa problem innan de faktiskt dyker upp genom att simulera framtida användning av objektet eller processen.²⁰⁹ Handlingsplanen förutspår att det är en pådrivande teknologi som kommer att göra det möjligt för högteknologiska företag att bli ledande industrier internationellt. Handlingsplanen understryker att ryska versioner av teknologin måste vara inter-

²⁰³ Handlingsplan för (STsT) kvantteknologi, 2019.

²⁰⁴ *Intrado GlobeNewswire* (2021); Porter, Jon (2021).

²⁰⁵ Chalmers (2021).

²⁰⁶ Jonsson, Per och Kjäll, Jonas (2020), s. 66.

²⁰⁷ Brynielsson, Joel och Johansson, Fredrik (2020), ss. 33–34. Se även Brynielsson, Joel, Holm, Hannes och Johansson, Fredrik (2020), s. 43 och Burenok, Vasilij M. (2021), s. 109.

²⁰⁸ Kodatjgov, Valerij (2021).

²⁰⁹ Se t.ex. Marr, Bernard (2017).

operabla med existerande utländska versioner som redan är i bruk både internationellt och i Ryssland genom import från t.ex. Siemens. Det är också den underkategorin som är högst prioriterad inom handlingsplanen och där Ryssland bedömer att landet ligger relativt långt framme i en internationell jämförelse (se UGT-spann i Tabell 5).²¹⁰

Bland de hinder och risker som handlingsplanen identifierar finns lagstiftning och reglering som ökar kostnader och gör det mer tidskrävande att driva på utvecklingen. Planen pekar också på behovet av tillgång till *big data* eller träningsdata (se ovan, avsnittet om artificiell intelligens) samt risken för att sanktioner begränsar tillgången på programvara samt att tillgången på kvalificerade forskare minskar eller att de försvinner till utlandet. Vidare varnar handlingsplanen för avbrott i innovationscykeln – grundforskning, tillämpad forskning, att ta fram prototyper och testa dessa och att gå till praktisk användning av dessa måste hänga ihop.²¹¹

Som exempel på milstolpar för underkategorin *smart design* kan nämnas att antalet företag inom prioriterade industribranscher som använder teknologi som bygger på digital-tvillingteknologin ska öka från 3 stycken 2019 till 15 företag 2021 och 100 stycken år 2024. Tiden som krävs för att utveckla högteknologiska produkter ska ha minskat med 15 procent 2021 och med 25 procent 2024.²¹²

Robotteknik och sensorkomponenter

Den handlingsplan som behandlar komponenter för robot- och sensorteknik utarbetades av Innopolis, som är en teknologipark som ligger i autonoma republiken Tatarstan. Ryssland är som helhet drabbat av svår korruption, men Tatarstan är särskilt känt för sin korruptionsproblematik. Det kan utgöra ett effektivitetsproblem för teknologiparken. Teknologiparken ska omfatta alltifrån utveckling av automatiserade system och metoder för att styra dem, utveckling av sensorer och bearbetning av sensorinformation till samspelet mellan tekniska system och mellan tekniska system och människa.²¹³ Det som går under benämningen ”robotik” tillsammans med sensorteknik är grundläggande för att utveckla autonoma system, t.ex. UAV:er.²¹⁴

Två underkategorier prioriteras högst. För det första rör det sig om sensorer och digitala komponenter som ingår i robotteknikkomplex för samverkan mellan människa och maskin. Här bedömer handlingsplanen att Ryssland ligger lika långt fram som internationellt ledande länder, dock med reservationen att internationellt nås nivån UGT 7 i ett brett spektrum underkategorier och av många företag medan

²¹⁰ Handlingsplan för (STsT) nya produktionsteknologier, 2019.

²¹¹ *Ibid.*

²¹² *Ibid.*

²¹³ Handlingsplan för (STsT) robotteknik- och sensorkomponenter, 2019.

²¹⁴ Hagström, Martin (2020), s. 20.

det endast är ett fåtal företag som detta gäller för i Ryssland. För det andra framhåller handlingsplanen teknologier för sensor-motorisk koordination och rumspositionering som en underkategori. Här släpar Ryssland visserligen efter, men handlingsplanen bedömer att landet har goda förutsättningar att åstadkomma genombrott tack vare sin vetenskapligt-tekniska bas (se Tabell 5).

Förutom att det ofta saknas lagar och regleringar på området är det, enligt handlingsplanen, ett problem att det tar för lång tid att utveckla och få ut produkter på marknaden jämfört med situationen i omvärlden. Mycket fokus ligger på att utveckla robotik inom försvarsindustrin samtidigt som den inhemska marknaden är liten, något som inte är unikt för Ryssland (se också målsättningen att militära robotar ska vara förbandssatta 2030 i Kapitel 4, s. 37). Dessutom pekar handlingsplanen på svårigheter att finansiera FoU inom civila sektorn samt att företagsledare saknar förmåga att tänka nytt. På personalområdet framhåller handlingsplanen risken för brist på kvalificerad personal samt att de specialister som finns på området lämnar landet.²¹⁵

Bland milstolparna återfinns bl.a. att antalet registrerade patent ska femfaldigas nationellt och internationellt till 2024 liksom även antalet publicerade vetenskapliga artiklar inom områdena: *robotics, automation and control theory, mechanical engineering human computer interaction* samt *signal processing* (se Tabell 6).

Tabell 6. Exempel på milstolpar inom handlingsplanen för robotteknik- och sensorkomponenter 2018–2024.

	2018	2021	2024
Antal registrerade ryska patent inom området/per år	110	200	500
Antal registrerade internationella patent inom området /per år	7	20	50
Antal publikationer i toppkvartilen av Web of Science och topp-20 GoogleScholar/per år	20	50	100

System för distribuerade liggare

Den mest kända versionen av distribuerad liggare är den så kallade *block-chain*-tekniken. Den ryska handlingsplanen beskriver distribuerade liggare som en teknologi där identiska data fördelas på flera datorer. Alla ändringar sparas och måste signeras av samtliga som använder liggaren. Detta gör att det är omöjligt att radera liggarens information utan att det upptäcks, vilket i förlängningen har potentialen att skapa tillit till systemet som använder tekniken. Eftersom Rysslands samhälle och ekonomi i kvantitativa samhällsvetenskapliga mätningar brukar hamna i kategorin med hög korruption och låg tillit så har distribuerade liggare en potential

²¹⁵ Handlingsplan för (STsT) robotteknik- och sensorkomponenter, 2019.

att skapa positiv förändring när användarna får skäl att lita på systemets tillförlitlighet och enhetlighet.²¹⁶ Troligen kommer den största utmaningen att bestå i att skapa legala förutsättningar för att teknologin ska slå igenom i Ryssland.²¹⁷

Ryssland har prioriterat den underkategori som säkerställer helheten för data i liggaren och att det inte finns motsägelser (det som benämns konsensus vad gäller informationen i liggaren). Det är också den underkategori som handlingsplanen bedömer att Ryssland ligger längst fram i jämfört med omvärlden (se Tabell 5). Bedömningen i handlingsplanen är t.o.m. att landet kan bli världsledande inom distribuerade liggare. Det är svårt att bedöma hur sannolikt detta är.

Bland de hinder som identifieras kan nämnas att kommunikationsnätet inte räcker till. Handlingsplanen efterlyser därför en ”förnyad IT-arkitektur” men också åtgärder som gör att teknologin blir attraktiv och användbar för näringslivet. Vidare krävs att samhället har förtroende för teknologin för att den ska slå igenom. Handlingsplanen understryker också att en ”nyckelrisk” består i att det är omöjligt att avlägsna ”oönskad eller förbjuden information”.

Milstolparna för distribuerade liggare inom den prioriterade underkategorin ger vid handen att Ryssland förväntar sig en stark utveckling på området. Till exempel ska antal transaktioner öka från 1 000 per sekund 2019 till 100 000 redan 2024; från inga alls patenterade konsensusalgoritmer 2019 till 50 stycken 2024; och inom området distribuerade liggare ska Ryssland examinera 2 000 specialister på kryptoalgoritmer 2024 jämfört med 250 då handlingsplanen skrevs 2019 (se exempel på milstolpar i Tabell 7).²¹⁸

Tabell 7. Exempel på milstolpar ur handlingsplanen för distribuerade liggare 2019–2024.

	2019	2021	2024
Antal transaktioner per sekund	1 000	5 000	100 000
Antal kompletta noder	500	2 500	10 000
Antal patenterade konsensusalgoritmer	0	15	50
Antal examinerade specialister på kryptoalgoritmer per år	250	750	2 000

²¹⁶ Ryssland rankades nr. 129 av 180 länder av Transparency International (2020). Sverige rankades nr 3 av 180 länder där plats 1 är lika med minst korruption. Under pandemiåret 2020 visade opinionsundersökningar att den ryska befolkningen inte litade på myndigheternas corona-åtgärder; 60 procent svarade att de inte litade på myndigheternas data om virusets spridning. För sammanfattning och länkar till de olika studierna, se Trudolyubov, Maksim (2020).

²¹⁷ Se även Westerdahl, Lars (2020), s. 56.

²¹⁸ Handlingsplan för (STsT) distribuerade liggare, 2019.

Teknologier för trådlös kommunikation

Handlingsplanen för trådlös kommunikation utgår från International Telecommunication Unions (ITU:s) indelning av olika nät och delar sedan in området i underkategorier:²¹⁹

WAN (*wide area network*) är långdistansnätverk. Internet är ett exempel på ett WAN. I handlingsplanen delas WAN sin tur upp i 5G (femte generationens mobila nätverk) och LTE (*long term evolution*, som är en utveckling av 3G, tredje generationens mobilnätverk).

LP WAN (*low power area network*) är trådlösa nätverk med låg strömförbrukning och en räckvidd på minst 1km; främst användbara för IoT.

WLAN (*wireless local area network*) är lokala nätverk av datorer som ansluts med radioteknik (istället för kablar). Handlingsplanen delar upp WLAN i LI-FI och WI-FI (*wireless fidelity*), där den senare är ett sätt att säga att en teknisk utrustning, i det här fallet ett lokalt trådlöst nätverk, följer etablerad standard och därmed kan fungera ihop med annan WI-FI-märkt utrustning. LI-FI är en form av ”light WI-FI”, en teknik som använder sig av variationer i ljusstyrka för dataöverföring.

PAN (*personal area network*) är trådlösa nätverk som följer respektive person som använder det, t.ex. genom mobiltelefon som använder dataöverföring på korta avstånd t.ex. genom *Bluetooth*.

Satellitkommunikation förmedlar information mellan rymden och jorden genom att en satellit agerar som sambandsnod. Handlingsplanen delar upp satellitkommunikation i dels ”bredbandig”, som regel genom VSAT (*very small aperture terminal*), en parabol som sändare och mottagare, dels ”personlig” som använder sig av satelliter även i lägre banor för att överföra information till en ”handburen mottagare”, dels IoT på satellitsamband, som också använder sig av satelliter i lägre banor.

Bland hinder för utvecklingen av trådlös kommunikation nämns i handlingsplanen att FoU oftast inte resulterar i produkter som når marknaden. Ryssland är beroende av utländska leverantörer av teknologi och tekniska lösningar. Handlingsplanen pekar på behovet av att Ryssland ingår i den internationella diskursen på området och interagerar med internationella organisationer som utarbetar nästa generation standards för trådlös kommunikation.²²⁰

Handlingsplanen prioriterar utveckling av underkategorin WAN och med särskild emphasis på 5G, eftersom andra digitala tvärteknologiers utveckling kommer att vara beroende av hur pass väl Ryssland lyckas på det området. Ryssland har enligt handlingsplanen en otillräckligt utvecklad teknologisk bas på 5G-området och

²¹⁹ Förklaringen av de olika underkategorierna bygger på dels den ryska handlingsplanens beskrivning, dels på IDG:s ordlista. För satellitsamband används även avsnittet om satellitkommunikation i Asp, Börje och Axell, Erik (2020), ss. 105–106.

²²⁰ Handlingsplan för (STsT) teknologier för trådlös kommunikation, 2019.

dessutom en rad hinder i form av lagstiftning och regelverk, bristande infrastruktur samt brist på forskare och annan personal. Kina, Europa och USA har en dominerande position vad gäller produktion och tekniska lösningar, vilket teknologin pekar på som ett hinder grundat i ”den geopolitiska konjunkturen”.

Det absolut mest akuta problemet för 5G-utveckling i Ryssland är dock att frågan om tillgång till en lämplig våglängd. Enligt handlingsplanen är det framför allt spannet 3 400–3 800 MHz och 694–800 MHz (men bara för mindre datamängder), som lämpar sig. Bandvidden 3 400–3 800 MHz brukar ibland benämnas ”det gyllene bandet” i Ryssland. Den kontrolleras av Rysslands så kallade kraftministerier, som t.ex. Försvarsministeriet och Federala skyddstjänsten (FSO), men också den ryska rymdmyndigheten Roskosmos, bland annat för satellitkommunikation, och de har hittills vägrat överge de åtråvärda frekvenserna. Andra frekvenser är möjliga, men skulle innebära ökade kostnader t.ex. då rysk standard skulle avvika från internationell.²²¹ Tidigare hade de ”fyra stora”, dvs. de dominerande mobiloperatörerna i Ryssland (MTS, Vimpelcom, Megafon och Rostelekom) vunnit kampen om bandvidd när både 3G och 4G introducerades i Ryssland. När 5G ska introduceras tycks dock kraftministeriernas ställning gentemot andra eliter i Ryssland ha stärkts avsevärt och det gyllene bandet är därmed inte i praktiken tillgängligt kommersiellt.²²²

Bland milstolpar inom den prioriterade underkategorin 5G finns att mognadsnivån för teknologin ska gå från UGT 2 (2019) till 6–7 redan 2021 och nästan ikapp internationellt till 2024 (UGT 7–8). Andelen abonnenter i Ryssland som använder tjänster inom 5G-nätet ska gå från inga alls 2019 till över två procent 2021 och över tio procent 2024. Inga ryska miljonstäder täcktes av 5G 2019. Enligt handlingsplanen skulle fem städer ha 5G 2021 och tio stycken 2024. Dessutom skulle ett antal pilotzoner med utveckling av rysk utrustning etableras: 15 stycken 2021 och 25 stycken 2024.²²³

Även på andra håll i världen har införandet av 5G gått långsammare än förväntat, kanske delvis därför att 4G LTE-nät räcker väl för de flesta mobiltelefonanvändare. Det är framför allt för industrin, självkörande bilar t.ex. som 5G-nät är en förutsättning för framtida produkter. I USA ska två tredjedelar av befolkningen ha tillgång till 5G-nät senast under 2023.²²⁴ För Ryssland har förseningarna jämfört med handlingsplanerna blivit än mer betydande och då inte minst av säkerhetsskäl. Pilotzoner i samarbete med t.ex. Ericsson eller Huawei för att testa 5G har funnits i Moskva sedan 2019, men att bygga ut 5G i landets miljonstäder kommer enligt Rysslands vice premiärminister Dmitrij Tjernysjenko att dröja till 2024.²²⁵ Det är framför allt landets mobiloperatörer som förväntas stå för

²²¹ Kluge, Janis (2020). Se även Vendil Pallin, Carolina (2020b).

²²² Kluge, Janis (2021).

²²³ Handlingsplan för (STsT) teknologier för trådlös kommunikation, 2019.

²²⁴ Council, Jared (2021).

²²⁵ *Kommersant* (2021).

utbyggnaden och allt tydde 2021 på att ryska säkerhetsmyndigheter fortsatt skulle ha exklusiv tillgång till det ”gyllene bandet”. För 5G har regeringen tilldelat våglängder mellan 4 800–4 990 MHz, vilket kommer att öka kostnaderna väsentligt. Dels kan ryska operatörer därmed inte köpa färdig utrustning internationellt, dels blir elkostnaderna högre och antalet basstationer som krävs flera. En rysk firma för kreditvärderingsanalys uppskattade att kostnaden kunder överstiga 1 000 miljarder RUR till 2027. Mobiloperatörerna hoppades i augusti 2021 fortfarande på att förmå regeringen att ändra beslutet och trots allt få tillgång till frekvenserna i spannet 3 400–3 800 MHz och dröjde därmed också med beslut om stora 5G-investeringar.²²⁶ Även satsningen på att utveckla rysk utrustning fördyrar troligen och försenar utbyggnaden av 5G, men kan också leda till att Ryssland utvecklar teknologiskt kunnande på området. Det sker dock till priset av att även andra digitala tvärteknologier påverkas eftersom 5G är en förutsättning för andra teknologiområden som IoT.

Handlingsplaner som havererade

Teknikutveckling enligt handlingsplaner kan ibland se ut som raka spåret, men så är alltså inte fallet i praktiken. Ibland förändras politiken när en ny minister tillträder. Ibland fungerar inte kontaktytan mellan regeringens vilja och företagens agerande. Det kan också vara så att företagen inte fungerar marknadsekonomiskt effektivt. Detta kan vara en konsekvens av politiska tillsättningar av chefer i bolag med hög grad av statligt ägande. Ryssland har dessutom problem med korruption i både statsapparaten och näringslivet.

Ursprungligen skulle Ryssland ha antagit handlingsplaner för *big data* och sakernas internet, *IoT*. Rostec hade en nyckelroll i processen för att ta fram dessa båda handlingsplaner, men regeringen valde att inte anta dem – trots att utvärderingen efter ett så kallat ”stresstest” för samtliga handlingsplaner i november 2019 ska ha resulterat i relativt goda omdömen från regeringen. I början av 2020 fick dock landet en ny premiärminister, Michail Misjustin, och därmed byttes även så småningom ansvarige vice premiärministern ut: Maksim Akimov ersattes av Dmitrij Tjernosjenko, som var betydligt mindre imponerad av det Rostec levererat. Bland annat ska en hel del av Rostecs förslag på projekt ha gått ut på att skapa produkter som redan existerade på marknaden.²²⁷ Ministeriet för ekonomisk utveckling kritiserade också Rostecs handlingsplaner eftersom företaget endast ville finansiera utvecklingen med budgetmedel och medel ur olika utvecklingsfonder – Rostec självt skulle inte bidra till finansieringen.²²⁸ I samband med detta tycks också själva begreppet ”digitala tvärteknologier” mist något av sin attraktion. Istället valde regeringen under Misjustin att prata om ”högteknologiska områden”.

²²⁶ Tisjina, Julija (2021).

²²⁷ Zjdanov, Aleksej (2021).

²²⁸ Tisjina, Julija (2020).

Dessa handlingsplaners öden indikerar både hur beroende de är av att organisationerna bakom har stöd hos regeringen, men också hur företag som Rostec använder strategier och planer för att få tillgång till statliga budgetmedel.²²⁹ Ovanstående indikerar också att det är den politiska ledningen som styr, och även ett välplacerat företag kan få bakläxa ibland.

5.3 Kullkastare

Alla utsagor om framtiden bör göras med ödmjukhet eftersom framtiden alltid präglas av osäkerhet och för att vi, per definition, inte kan samla in empiriska data om framtida skeenden (endast om det som redan har hänt). Den metod som används i rapporten pekar på vikten av att identifiera tänkbara eller faktiska händelser som kan kullkasta de trendlinjer mot framtiden som formuleras. I Tabell 8 finns ett antal förslag på vägvisare som indikerar att en kullkastare kan vara på väg att inträffa, dvs. att rådande utvecklingstrend håller på att skifta. Antingen kan det vara en vägvisare om kommande generella genombrott på teknikområdet. Om t.ex. Ryssland lyckas nå milstolpar i handlingsplanerna på bred basis, inte bara i de prioriterade underkategorierna, kan detta vara en vägvisare om att så håller på att ske. En vägvisare måste peka på en substantiell förändring. Att t.ex. BNP ökar under ett enskilt år är inte tillräckligt och inte heller enstaka exempel på privata företag som investerar i FoU. Exempel på negativa vägvisare, som leder till att Ryssland troligen inte kommer att vara en av de ledande länderna i den teknologiska utvecklingen, kan vara t.ex. att Ryssland fortsätter att ha svårt att rekrytera forskare samtidigt som personalflykten tilltar i styrka.

²²⁹ Edmonds, Jeffrey m.fl. (2021), ss. 41ff.

Tabell 8. Vägvisare som indikerar kullkastare av rådande utvecklingstrend

Vägvisare för positiva kullkastare	Vägvisare för negativa kullkastare
Kraftigt rysk ekonomisk tillväxt över flera år (t.ex. BNP ökar med mer än 5% varje år under en femårsperiod).	Väsentligt lägre ekonomisk tillväxt över flera år (t.ex. BNP minskar under flera år).
Ryssland ökar andelen av BNP som satsas på FoU (till t.ex. 3% av BNP) över flera år.	Andelen av BNP som satsas på FoU minskar över flera år.
Rysslands tekniksamarbete med Kina breddas och intensifieras.	En geopolitisk kris i Ostasien leder till försämrade rysk-kinesiska relationer och tekniska samarbetet läggs på is.
Väst häver helt eller delvis sanktioner gentemot Ryssland.	Ytterligare sanktioner.
Ryssland börjar nå milstolpar och överträffa mål i handlingsplanerna för digitala tvärteknologier generellt (inte bara i vissa prioriterade underkategorier).	Ryssland tenderar att inte nå milstolpar i tid och uppfyller inte mål ens i de prioriterade underkategorierna.
Ryssland lyckas få till stånd ett utbyte av teknik mellan militära och civila sektorn.	
Ryssland genomför ekonomiska reformer som leder till att innovationskraften ökar i landet. Privata företag ökar sina investeringar i FoU, dvs. planen för att öka utombudgetär finansiering av FoU fullföljs eller överträffas.	Ryssland lyckas inte öka andelen utombudgetära investeringar i FoU enligt plan.
Ryssland lyckas locka tillbaka forskare från utlandet till egna FoU-sektorn i stort antal och över längre tid (minst fem år).	Ryssland inför olika regler som ska tvinga forskare att arbeta för ryska statliga institut och företag.

Det finns ett antal kullkastare som skulle leda till omvälvningar som påverkar den vetenskapliga basen, men som också skulle påverka i stort sett samtliga samhällssektorer. Till exempel skulle en oväntad samhällelig omvälvning kunna resultera i politiskt och ekonomiskt kaos eller i att Ryssland gradvis demokratiseras och genomför nödvändiga ekonomiska reformer; för att bara nämna några möjliga utfall. Fokus i denna rapport är emellertid den vetenskapliga basen och fokus ligger därmed på vägvisare som kan indikera kullkastare som framför allt får konsekvenser för just den.

6 Rysk teknisk FoU – militära konsekvenser mot 2030

Ryssland, liksom tidigare Sovjetunionen, har prioriterat försvarsforskning och denna studie indikerar att så kommer att vara fallet även framöver. Retoriken om att ta plats bland världens ledande teknologiska stormakter ska tolkas mot denna bakgrund. När teknikutveckling globalt drivs på av civila marknadskrafter och civil användning innebär Rysslands prioritering av säkerhetspolitiska drivkrafter och suveränitet ett dilemma för framtidens vetenskapliga bas. Samma säkerhetsorienterade politik som leder till avancerade vapensystem inom vissa prioriterade tekniska segment, leder också till att näringslivets drivkrafter bromsas och internationellt FoU-samarbete hämmas.

6.1 Studiens frågeställningar

Med avstamp i tidigare kapitel, hur ser den ryska vetenskapliga basen och teknikutvecklingen ut 2021 och hur kan förutsättningarna för militär teknikutveckling se ut mot 2030? Frågan besvaras övergripande genom att utveckla svar på de detaljerade underfrågor som ställdes i inledningen.

- Hur planeras och prioriteras teknologiutveckling i Ryssland? Rysslands federala lagstiftning om strategisk planering reglerar processen, som har två spår. Det första är nationell säkerhet, i vilken presidenten och säkerhetsrådet spelar avgörande roller. Det andra är socioekonomisk planering, i vilken regeringen har ansvaret. Militär planering sker huvudsakligen inom ramen för det statliga beväpningsprogrammet. Det är också tydligt att socioekonomisk utveckling ofta får stå tillbaka till förmån för nationell säkerhet om det finns en målkonflikt. Nationell säkerhet är således en drivkraft för teknikutveckling främst inom den militära sektorn, men också ofta en begränsning för civil teknikutveckling.
- Vilken vetenskaplig bas existerar för teknikutvecklingen? År 2021, karaktäriseras Rysslands vetenskapliga bas, det vill säga, grunden till framsteg inom forskning och utveckling, av ett tydligt arv från Sovjet-tidens investeringar i utbildning, forskningsinfrastrukturer och forskning. Till och med de vapensystem som av landets politiska ledning har lyfts fram som tekniska genombrott bygger i olika grad fortfarande på den vetenskapliga bas som etablerades före 1991. Frågan är således om Ryssland kommer att lyckas modernisera denna bas. Det framstår som osannolikt att Ryssland kommer att lyckas med ett brett teknologispång efter som landets investeringar i forskning och utveckling länge varit mycket låga i internationell jämförelse. Därmed kommer militär teknikutveckling

bortom 2030 troligen att ha en svagare vetenskaplig bas att stå på, men fortfarande kunna koncentrera resurser till smalare tekniska segment.

- Vilka teknologier prioriterar Ryssland till 2030? Ryssland har sedan 2011 nio prioriterade teman för sin tekniska utveckling. Dessa teman är: Säkerhet och antiterroråtgärder, nanosystemindustrin, informations- och telekommunikationssystem, *life science*, lovande vapen och militär utrustning, rationell naturresursutvinning, autonoma system för bl.a. militära områden, transport- och rymdsystem, energieffektivitet. Det är värt att notera att det övergripande tema som återkommer är säkerhet.
- Vilka möjligheter och svårigheter existerar och hur sannolikt är det att Ryssland kan övervinna dessa i ett tioårsperspektiv? Det är fullt möjligt att Ryssland kommer att göra betydande framsteg inom vissa teknikområden till 2030, t.ex. inom militära tillämpningar av artificiell intelligens. Framgångsrik teknikutveckling, särskilt inom militära och säkerhetsrelaterade områden, uppfattas som ett sätt att stärka Rysslands suveränitet i det internationella systemet. Områden som den politiska ledningen särskilt betonar är militär artificiell intelligens och autonomi. Under perioden till 2030 kan Ryssland dessutom fortfarande dra nytta i viss utsträckning av arvet från den sovjetiska vetenskapliga basen.
- Finns det vägvisare som kan ge en förvarning om kvantitativa eller kvalitativa genombrott och vilka ”kullkastare” kan finnas på vägen? I rapporten diskuteras möjligheten att olika problem kullkastar den utveckling som ritas upp mot 2030. Ett exempel på en fördelaktig (för Ryssland) kullkastare är att den politiska ledningen mot alla odds inför reformer som gör att civil teknologi blir ett draglok tack vare ett bättre innovationsklimat. En vägvisare om att detta är på väg att ske kan vara att andelen privat finansiering av FoU ökar. Ett exempel på en kullkastare som skulle innebära en nackdel för den nuvarande politiska ledningen är om ökad internationell spänning, eller konflikt som Ryssland är inblandad i, leder till skärpta sanktioner mot landet eller i att landets tekniksamarbete med Kina upphör.

6.2 Övergripande slutsatser

Å ena sidan kan Rysslands politiska system, med centraliserat beslutsfattande, och fokus på nationell säkerhet vara till fördel för vissa tekniksatsningar, särskilt på den militära sidan. Å andra sidan medför det ryska systemet betydande problem, särskilt för civil teknikutveckling och möjligheter att FoU också resulterar i produkter och tjänster som konsumeras och används brett i samhället – eller t.o.m. exporteras. Ett talande exempel är Rysslands problem med att hitta personal som

ska säkerställa landets genombrott inom nya, främst digitala, teknologier. Samtidigt som en rad åtgärder vidtagits för att försöka öka andelen forskare med nödvändig kompetens, innebär lagar om ökad övervakning av universitetsvärldens internationella samarbete ett steg i rak motsatt riktning. Liknande problem kan uppstå när den ryska staten försöker implementera andra vetenskapliga och tekniska framsteg i samhället och ekonomin. Relationerna mellan stat och näringsliv är ofta problematiska, vilket försvårar framtagandet av produkter på basis av statligt framforskad teknik. Liberala reformer av det politiska systemet går stick i stäv med den politiska ledningens uttalade intressen. Av samma skäl är det osannolikt att ekonomin kommer att liberaliseras, vilket vore en förutsättning för att underlätta försöken att skapa tydliga marknadsprodukter och öka innovationskraften. Idag, och sannolikt fram till 2030, sätter staten och dess intresse av säkerhet, suveränitet och militär makt en prägel på rysk teknikutveckling.

Det finns en rad flaskhalsar för rysk teknikutveckling mot 2030. För det första är säkerhet snarare än ekonomisk effektivitet prioriterad. Detta innebär att statens primat utvecklas tillfullo inom teknisk FoU. Den mesta forskningen bedrivs i statlig regi. Idag drivs teknikutvecklingen internationellt på av civila sektorn och kommersiella tillämpningar snarare än av militär FoU. Denna kommersiella drivkraft bakom teknikutveckling är således svagare i Ryssland. Trots en framstående tradition av god matematisk och naturvetenskaplig utbildning har Ryssland också fortsatta problem med personalflykt från forskarvärlden. Snart sagt samtliga officiella dokument som ligger till bas för denna studie pekar på detta som ett problem och då inte minst inom ”nya” teknikområden.

Den ryska ambitionen att ta ett språng i sin teknologiska utveckling överensstämmer inte heller med att ökade resurser tillförs civil FoU. Rysslands potentiella långsiktiga ekonomiska tillväxt uppskattas till 1,5 procent. Ytterligare medel för FoU måste därmed komma från en ökad andel budgetmedel eller genom att näringslivet tillför mer resurser till FoU-sektorn.

Ryssland är med andra ord ett land med betydande potential för teknisk utveckling inom det militära området, men som har problem att förverkliga denna potential i den civila ekonomin och samhället. Försvarsrelaterad FoU uppskattas sysselsätta omkring hälften av landets forskare och stå för en mycket hög andel av landets högteknologiska produkter. Bristande ekonomiska resurser kan i viss mån kompenseras av koncentration till utvalda områden och effektiv resursanvändning. Ett exempel på det är rysk militär robotik och utvecklingen av drönare för de Väpnade styrkorna. Målsättningen är att 30 procent av Rysslands militära utrustning ska bestå av semi-autonoma system vid mitten av 2020-talet. Ryska experter betonar starkt robotikens roll i att förändra den framtida krigsföringen. I tidsperspektivet 2030 kanske det räcker väl att vara ledande i smalare tekniksegment och två i andra. Ryska Väpnade styrkorna har testat en rad prototyper i skarpt läge i Syrien och Ukraina. Fältproven innebär att Ryssland förfogar över större mängder träningsdata från skarpa uppdrag för sina AI-algoritmer än både USA och Kina.

Detta innebär en fördel i utvecklingsarbetet av själva tekniken, men kanske än viktigare innebär det att Ryssland bedriver ett arbete för att införliva ny teknik i militär taktik och doktrin. Ryssland behöver kanske inte ligga först i teknik-utvecklingen på bred front om landet kan kompensera med en förmåga att tänka nytt om ny teknik i militära konflikter.

Referenslista

Litteratur

- Agumava, Fidel (2018) ”Rossija ne dolzjna byt kuznitsej kadrov dlja drugich stran” [Ryssland ska inte smida kadrer åt andra länder], *Parlamentskaja gazeta*, 26 april, <https://www.pnp.ru/social/rossiya-ne-dolzha-byt-kuznicey-kadrov-dlya-drugikh-stran.html> (16 augusti 2021).
- Allan, Duncan, Annette Bohr, Mathieu Boulègue, Keir Giles, Nigel Gould-Davies, Philip Hanson, John Lough, Orysia Lutsevych, Kate Mallinson, Anaïs Marin, James Nixey, Ben Noble, Nikolai Petrov, Ekaterina Schulmann, James Sherr, Kataryna Wolczuk och Andrew Wood (2021) *Myths and Misconceptions in the Debate on Russia: How They Affect Western Policy, and What Can Be Done*, Chatham House, Russia and Eurasia Programme, Report, maj, <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/2021-05/2021-05-13-myths-misconceptions-debate-russia-nixey-et-al.pdf> (17 maj 2021).
- Allik, Sten, Fahey, Sean, Jermalavičius, McDermott, Roger och Muzyka, Konrad (2021) *The Rise of Russia's Military Robots: Theory, Practice and Implications*, ICDS Analysis, Tallinn, februari, <https://icds.ee/en/the-rise-of-russias-military-robots-theory-practice-and-implications/> (11 maj 2021).
- Aptekman, Aleksandr, Kalabin, Vadim, Klintsov, Vitalij, Kuznetsova, Jelena, Kupagin, Vladimir och Jasenovets, Igor (2017) *Tsifrovaja Rossija: novaja realnost* [Digitala Ryssland: en ny verklighet], Digital McKinsey, juli, <https://www.tadviser.ru/images/c/c2/Digital-Russia-report.pdf> (3 september 2021).
- Asp, Börje och Axell, Erik ”Satellitkommunikation (satkom)” i kapitlet om rymden i Kindvall, Göran och Lindberg, Anna (red.) *Militärteknik 2045. Ett underlag till Försvarsmaktens perspektivstudie*, FOI-R--5095--SE, november, ss. 105–106.
- Assotsijatsija gosudarstvennych nautjnych tsentrov ”nauka”, www.agnc.ru.
- Assotsijatsija gosudarstvennych nautjnych tsentrov ”nauka”, ”Natsionalnyj issledovatel'skij tsentr ’Kurtjatonovskij institut’” [Nationella forskningscentrumet ”Kurtjatoninstitutet”], www.agnc.ru/gnc/6206.

- Balasjova, Anna (2021) "Proizvoditeli nasjli v ideje Minpromtorga riski dlja protsessorov iz Rossii" [Tillverkarna har hittat risker för processorer från Ryssland i Industriministeriets idé], *RBK*, 10 augusti, https://www.rbc.ru/technology_and_media/10/08/2021/61114ac29a794746a06a9091 (19 augusti 2021).
- BBC (2021) "SpaceX: The Rocky Road to a Smooth Rocket Landing", <https://www.bbc.com/news/av/science-environment-57007136> (9 juli 2021).
- Bendett, Samuel (2021) "Sovremennyye rossijskie razrabotki v oblasti voennoj robototekniki" [Modern rysk innovation inom militär robotteknik], i Bondarev, Viktor N., red., *Robotizatsija i voennoe delo budusjego* [Robotisering och framtidens krigföring], Moskva: Centre for strategic and technological analysis, ss. 152–185.
- Bendett, Samuel (2021) *Strength in Numbers: Russia and the Future of Drone Swarms*, Modern War Institute, West Point, 20 april, <https://mwi.usma.edu/strength-in-numbers-russia-and-the-future-of-drone-swarms/> (22 april 2021).
- Bendett, Samuel (2019) "The Rise of Russia's Hi-Tech Military", *Fletcher Security Review*, 26 juni, https://059927f5-49c6-47fa-92e9-3d499a0e6da2.filesusr.com/ugd/c28a64_0aaac931ec844cedb7b38a0f7acee873.pdf (24 september 2021).
- Bendett, Samuel och Rasser, Martijn (2020) "Transcript from Russian Advances in Military Automation and AI", Center for a New American Security, 4 juni, <https://www.cnas.org/publications/transcript/transcript-from-russian-advances-in-military-automation-and-ai> (1 september 2021).
- Berglund, Erik och Hagström, Martin (2020) "Hypersoniska system", i Kindvall, Göran och Lindberg, Anna (red.) *Militärteknik 2045. Ett underlag till Försvarmaktens perspektivstudie*, FOI-R--5095--SE, november, ss. 119–126
- Bondarev, Viktor, N. red. (2021) *Robotizatsija i voennoje delo budusjtjevo* [Robotisering och framtidens krigföring], Moskva: Center för strategisk och teknologisk analys.
- Brynielsson, Joel och Johansson, Fredrik (2020) "Informationsteknologi", i Kindvall, Göran och Lindberg, Anna (red.) *Militärteknik 2045. Ett underlag till Försvarmaktens perspektivstudie*, FOI-R--5095--SE, november, ss. 29–37.

- Brynielsson, Joel, Holm, Hannes och Johansson, Fredrik (2020) ”Cyber- och informationssäkerhet”, i Kindvall, Göran och Lindberg, Anna (red.) *Militärteknik 2045. Ett underlag till Försvarsmaktens perspektivstudie*, FOI-R--5095--SE, november, ss. 39–49.
- Bukkvoll, Tor, Malmlöf, Tomas, och Makienko, Konstantin (2017) “The Defence Industry as a Locomotive for Technological Renewal in Russia: Are the Conditions in Place?”, *Post-Communist Economies* 29 (2), ss. 232–249.
- Burenok, V. M. (2021) “Iskusstvennyj intellect v voennom protivostojanii budushtjego” [Artificiell intelligens framtidens militära konfrontation], *Vojennaja mysl*, nr. 4, s. 106–112.
- Carlsson, Märta, Oxenstierna, Susanne och Weissman, Mikael (2015) *China and Russia – A Study on Cooperation Competition and Distrust*, FOI-R--4087--SE, juni.
- Chalmers (2021) ”Sveriges kvantdatorbygge växlar upp”, 15 mars, <https://www.chalmers.se/sv/institutioner/mc2/nyheter/Sidor/Sveriges-kvantdatorbygge-vaxlar-upp.aspx> (17 augusti 2021).
- CNews (2019) “V Rossii otkazalis ot ‘proryvnogo’ razvitiya bolsjich dannych, promysljennogo interneta i robototekniki” [I Ryssland avstår man från ”genombrytande” utveckling av big data, industriellt internet och robotteknik], 27 maj, https://www.cnews.ru/news/top/2019-05-27_v_rossii_otkazalis_ot_proryvnjogo_razvitiya_bolshikh (19 maj 2021).
- ComNews (2019) “Skvoznym technologijam razdali karty” [Tvärteknologierna fick handlingsplaner], 14 oktober, <http://www.comnews.ru/content/2023325/2019-10-14/2019-w42/skvoznym-tekhnologiyam-razdali-karty> (27 maj 2021).
- Connolly, Richard och Boulègue, Mathieu (2018) *Russia’s New State Armament Programme Implications for the Russian Armed Forces and Military*, Chatham House – Research Paper, maj, <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/publications/research/2018-05-10-russia-state-armament-programme-connolly-boulegue-final.pdf> (5 maj 2021).
- Cooper, Julian (2021) *The Nagorno-Karabakh war: a spur to Moscow’s UAV efforts*, The International Institute for Strategic Studies, mars.

- Cooper, Julian (2018) *Strategic Planning, Situation Centres and the Management of Defence in Russia: An Update*, Changing Character of War Centre Pembroke College, University of Oxford, november 2018, <https://static1.squarespace.com/static/55faab67e4b0914105347194/t/5bec0e48575d1fc6aed816ae/1542196809903/>.
- Cooper, Julian (2016) *Russia's State Armament Programme to 2020: A Quantitative Assessment of Implementation 2011–2015*, FOI-R--4239--SE, mars.
- Cooper, Julian (2013) *Russian Military Expenditure: Data, Analysis and Issues*, FOI-R--3688--SE, september.
- Cooper, Julian (2012) *Reviewing Russian Strategic Planning: The Emergence of Strategy 2020*, Russian Studies, NATO NDC, juni, <https://www.ndc.nato.int/research/research.php?icode=0>.
- Council, Jared (2021) "Why the U.S. Rollout of 5G Is So Slow", *The Wall Street Journal*, 25 maj, <https://www.wsj.com/articles/5g-us-rollout-11621897471> (19 augusti 2021).
- Crawford, Kate (2021) *Atlas of AI*, New Haven: Yale University Press.
- Dear, Keith (2019) "Will Russia Rule the World Through AI? Assessing Putin's Rhetoric Against Russia's Reality", *The RUSI Journal*, 164 (5–6), ss. 36–60.
- Denisentsev, S. A. (2021) "Robotizatsija voennogo dela v budusjstem. Vyzovy robotizatsija" [Robotisering av framtidens krig: Robotiseringens utmaningar] i Bondarev, Viktor N., red., *Robotizatsija i voennoe delo budusjego* [Robotisering och framtidens krigföring], Moskva: Centre for strategic and technological analysis, ss. 186–204.
- Denisov, Igor och Lukin, Aleksandr (2021) "Korrekcija i chedzjirovanije" [Korrigerering och hedging], *Rossija v globalnoj politike*, nr. 4 (juli/augusti), <https://globalaffairs.ru/articles/korrekcziya-i-hedzhirovanie> (13 juli 2021);
- Denisova-Schmidt, Elena (2015) "Academic Dishonesty or Corrupt Values: The Case of Russia", EU Grant Agreement number: 290529, 28 februari.
- Dezjina, Irina och Jegerev, Sergej (2020) "Skolko zje utjenych v sovremennoj Rossii i na tjto oni sposobny" [Hur många forskare finns i dagens Ryssland och vad kan de] *Nezavisimaja Gazeta*, 7 april, https://www.ng.ru/nauka/2020-04-07/10_7837_scientists.html (5 maj 2021).

D-Russia (2019) ”Opublicovany dorozhnyjt karty po skvoznyh tehnologijam – na ich realizatsiju potrebuetsia bolsje 850 mlrd rub” [Handlingsplanersna för tvärteknologierna har pulicerats – för att realisera dem krävs mer än 850 miljarder rubel], 14 oktober, <https://d-russia.ru/opublikovany-dorozhnye-karty-po-skvoznyh-tehnologiyam-na-ih-realizatsiyu-potrebuetsya-bolshe-850-mlrd-rub.html> (19 maj 2021).

Edmonds, Jeffrey, Bendett, Samuel, Fink, Anya, Chesnut, Mary, Gorenburg, Dmitry, Kofman, Michael, Stricklin, Kasey and Waller, Julian (2021) *Artificial Intelligence and Autonomy in Russia*, CNA Research Memorandum, Arlington: CNA, https://www.cna.org/CNA_files/centers/CNA/sppp/rsp/russia-ai/Russia-Artificial-Intelligence-Autonomy-Putin-Military.pdf (11 June 2021).

Engvall, Johan (2021) *Russia's Military R&D Infrastructure: A Primer*, FOI-R--5124--SE, april.

Engqvist, Maria (2020) *Rysslands nationella hälsovårdsprojekt: en fallstudie av maktens vertikal*, FOI-R--4965--SE, oktober.

Era, ”Pervyj vojennyj innograd” [Första militära innovationsstaden], www.era-tehnopolis.ru/ (5 maj 2021).

Fonden för avancerad forskning, FPI, <https://fpi.gov.ru/about/> (5 maj 2021).

Fonden för avancerad forskning, FPI, ”Marker”, <https://fpi.gov.ru/projects/fiziko-tekhnicheskie-issledovaniya/marker/> (5 maj 2021).

Fonden för avancerad forskning, FPI, ”Kontur”, <https://fpi.gov.ru/projects/khimiko-biologicheskie-i-medsinskie-issledovaniya/kontur/> (5 maj 2021).

Fonden för avancerad forskning, FPI, ”Vitjaz-D”, <https://fpi.gov.ru/projects/fiziko-tekhnicheskie-issledovaniya/vityaz-d/> (5 maj 2021).

Fonden för avancerad forskning, FPI, ”Krylo-SV”, <https://fpi.gov.ru/projects/fiziko-tekhnicheskie-issledovaniya/krylo-sv/> (5 maj 2021).

Fonden för avancerad forskning, FPI, ”Liman”, <https://fpi.gov.ru/projects/informatsionnye-issledovaniya/liman/> (5 maj 2021).

- Fonden för avancerad forskning, FPI:s YouTube-kanal, ”Bolee 40 laboratorij obespetjivali realizatsiju proektov FPI v 2020 godu” [Mer än 40 laboratorier realiserade FPI:s projekt under 2020],
https://www.youtube.com/watch?v=iPc_f1crT60 (5 maj 2021).
- Fonden för avancerad forskning, FPI, “Laboratorija ‘Detonatsionnye PVRD’”,
<https://fpi.gov.ru/about/laboratories/laboratoriya-detonatsionnye-pvrd/>
(5 maj 2021).
- Fonden för avancerad forskning, FPI, “Laboratorija ‘Detonatsionnye ZjRD’”,
<https://fpi.gov.ru/about/laboratories/laboratoriya-detonatsionnye-zhrd/>
(5 maj 2021).
- Föreningen för statliga vetenskapscenter (Ryssland), www.agnc.ru (5 maj 2021).
- Gabuev, Alexander och Kovachich, Leonid (2021) “Comrades in Tweets: The Contours and Limits of China-Russia Cooperation on Digital Propaganda”, *Carnegie Moscow Center*, 3 juni, <https://carnegie.ru/2021/06/03/comrades-in-tweets-contours-and-limits-of-china-russia-cooperation-on-digital-propaganda-pub-84673> (9 juni 2021).
- Galanina, Angelina, Ljudmirskii, Dmitrii och Kretsul, Roman (2018) “Oruzjie razuma: rossijskij put k voennomu isskustvennomu intellektu” [Sinnets vapen: Rysk väg till militär artificiell intelligens] *Izvestija*, 22 november, <https://iz.ru/815370/angelina-galanina-dmitrii-liudmirskii-roman-kretcul/oruzhie-razuma-rossiiskii-put-k-voennomu-iskusstvennomu-intellektu> (5 maj 2021).
- Global Biotechnology Innovation Scorecard,
<https://www.thinkbiotech.com/globalbiotech/country/Russia>
(31 augusti 2021).
- Gokhberg, Leonid och Sokolov, Alexander (2017) “Technological foresight in Russia in historical evolutionary perspective”, *Technological Forecasting & Social Change*, volym 119, ss. 256–267.
- Gokhberg, Leonid, m.fl. (2020) *Science. Technology. Innovation*, Moscow: Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation/Federal State Statistics Service/Higher School of Economics.
- Gorbunov-Posadov, Michail (2018) “Tsifrovaja nauka v RAN” [Digital vetenskap vid Vetenskapsakademin] *Trojtskij variant – Nauka*, 13 mars, <https://trv-science.ru/2018/03/cifrovaya-nauka-v-ran/> (5 maj 2021).

- Global Biotechnology Innovation Scorecard,
<https://www.thinkbiotech.com/globalbiotech/country/Russia> (5 maj 2021).
- Graham, Loren (2013) *Lonely ideas: Can Russia compete?* Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Gross, Judah Ari (2021) "In an Apparent First, IDF Deployed Drone Swarms in Gaza Fighting", *Times of Israel*, 10 juli, <https://www.timesofisrael.com/in-apparent-world-first-idf-deployed-drone-swarms-in-gaza-fighting/> (14 juli 2021).
- Gustafsson, Pär (2021) *Metod för framtida motståndarbeskrivning: Tillämpning på rysk militär förmåga 2045*, FOI-R--5095--SE, januari 2021.
- Hagström, Martin (2020) "Obemannade farkoster och autonoma system", i Kindvall, Göran och Lindberg, Anna (red.) *Militärteknik 2045. Ett underlag till Försvarsmaktens perspektivstudie*, FOI-R--5095--SE, november, ss. 15–28.
- Hakvåg, Una (2017) "Russian Defense Spending After 2010: The Interplay of Personal, Domestic, and Foreign Policy Interests", *Post-Soviet Affairs* 33 (6), ss. 496–510.
- Hambling, D. (2021) "Autonomous military drone may have attacked humans", *New Scientist*, 5 juni.
- IDG:s ordlista (*International Data Group*), "IT-ord", <https://it-ord.se>.
- Interfax-AVN, 14 augusti, 2020, "Minoborony predlagaet objavit vsju informatsiju o sfere oborony konfidentsialnoj" [Ryska försvarsministeriet föreslår att göra all försvarsrelaterad information konfidentiell], <https://www.militarynews.ru/story.asp?rid=1&nid=536263&lang=RU> (21 maj 2021).
- Intrado GlobeNewswire* (2021) "ColdQuanta Joins The IBM Quantum Network, Bringing Cold Atom Quantum Technology to Growing Ecosystem", 26 maj, <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2021/05/26/2236478/0/en/ColdQuanta-Joins-The-IBM-Quantum-Network-Bringing-Cold-Atom-Quantum-Technology-to-Growing-Ecosystem.html> (21 augusti 2021).
- Institut sistemnogo programirovaniya im. V.P. Ivannikova RAN, <https://www.ispras.ru>.

- Izvestija* (2016) "Projekty FPI stanut osnovoj osetjestvennoj sistemy vooruzhenij" [FPI:s projekt kommer ligga till grund för de inhemska vapensystemen], 19 januari, <https://iz.ru/news/602027> (5 maj 2021).
- Jankowski, Dominik P. (2021) "Russia and the TEchnological Race in an Era of Great Power Competition", CSIS, september, <https://www.csis.org/analysis/russia-and-technological-race-era-great-power-competition> (24 september 2021).
- Jonsson, Per och Kjäll, Jonas (2020) "Kvantteknologi" i Kindvall, Göran och Lindberg, Anna (red.) *Militärteknik 2045. Ett underlag till Försvaretsmaktens perspektivstudie*, FOI-R--4985--SE, november, ss. 61-73.
- Kindvall, Göran; Lindberg, Anna, red. (2020) *Militärteknik 2045. Ett underlag till Försvaretsmaktens perspektivstudie*, FOI-R--4985--SE, november 2020, <https://www.foi.se/rapportsammanfattning?reportNo=FOI-R--4985--SE>,
- Kinjakina, Jekaterina och Isakova, Tatiana (2020) "Na modernizatsiju rossijskoj mikroelektroniki nuzjno potjti 800 mlrd rublej" [Att modernisera rysk mikroelektronik kostar nästan 800 miljarder rubel], *Vedomosti*, 7 september, <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2020/09/07/838963-modernizatsiyu-mikroelektroniki> (27 april 2021).
- Kisljakov, Maksim (2019) "Sekrety voennogo technopolis 'ERA' v Anape raskryli obsjtjestvennikam" [Militära teknopolisen "ERA:s" hemligheter avslöjades för sociala aktivister], *Moskovskij Komsomolets*, 30 oktober, <https://www.mk.ru/politics/2019/10/29/sekrety-voennogo-teknopolisa-era-v-anape-raskryli-obshhestvennikam.html> (6 maj 2021).
- Kluge, Janis (2021) "The Future Has to Wait: 5G in Russia and the Lack of Elite Consensus", *Post-Soviet Affairs*, <https://doi.org/10.1080/1060586X.2021.1967071> (1 september 2021).
- Kluge, Janis (2020) *Russia's Transition to 5G: Stuck in a Regulatory Tug of War*, Foreign Policy Research Institute, augusti, <https://www.fpri.org/wp-content/uploads/2020/08/rpe-kluge-.pdf> (20 maj 2021).
- Kodatjigov, Valerij (2021) "'Transtelekom' har byggt ett kvantnät mellan Moskva och Sankt Petersburg", *Vedomosti*, 20 april, <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2021/04/19/866704-transtelekom-postroil> (20 april 2021).

- Kovatjitj, Leonid (2020) "Sdelano ne v Kitaje: Kak ustrojena sistema videonabljudenija Moskvj" [Inte tillverkat i Kina: Hur kameraövervakningen i Moskva är uppbyggd], *Carnegie Moscow Center*, 5 augusti, <https://carnegie.ru/2020/08/05/ru-pub-82419> (27 augusti 2021).
- Kommersant* (2021) "Pravitelstvo planirujet zapustit 5G v rogodach-millionnikach tjerez tri goda" [Regeringen planerar att släppa på 5G i miljonstäder om tre år], 10 augusti, <https://www.kommersant.ru/doc/4908888> (18 augusti 2021).
- Kommersant* (2018) "Jedinoross predlagajet vvesti dlja studentov-bjudzjetnikov objazatelnoje raspredelenije" [En ledamot från Enade Ryssland föreslår att införa obligatorisk tjänstgöring för studenter som studerat för offentliga medel], 16 april, <https://www.kommersant.ru/doc/3605281> (16 augusti 2021).
- Korolev, Nikita och Stepanova, Julija (2021) "Priokljutjenija mikroelektronika" [Mikroelektronikens äventyr], *Kommersant*, 23 mars, <https://www.kommersant.ru/doc/4741073> (23 mars 2021).
- Kovatjitj, Leonid (2020) "Sdelano ne v Kitaje: Kak ustrojena sistema videonabljudenija Moskvj" [Inte tillverkat i Kina: Hur kameraövervakningen i Moskva är uppbyggd], *Carnegie Moscow Center*, 5 augusti, <https://carnegie.ru/2020/08/05/ru-pub-82419> (27 augusti 2021).
- Kragh, Martin och Andermo, Erik (2020) "Secrecy and Military Expenditures in the Russian Budget", *Post-Soviet Affairs* 36 (4), <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1060586X.2020.1738816?needAccess=true> (27 maj 2021), ss. 297–322,
- Krivosjapko, Julija (2019a) "'Doroznyje karty' po razvitiju tsyfrovych tehnologij popali na stress-test" ["Vägartorna" för att utveckla digitala teknologier hamnade i ett stresstest], *Rossijskaja gazeta*, 5 december 2019, <https://rg.ru/2019/12/05/dorozhnye-karty-po-razvitiuu-cifrovyyh-tehnologij-popali-na-stress-test.html> (28 april 2021).
- Krivosjapko, Julija (2019b) "Na skvozhnye 'tsifrovye' tehnologii v RF nuzhen potjti trillion rublej" [För de 'digitala' tvärteknologierna i Ryssland krävs nästan en triljon rubel], *Rossijskaja gazeta*, 14 oktober 2019, <https://rg.ru/2019/10/14/na-skvozhnye-cifrovye-tehnologii-v-rf-nuzhen-pochti-trillion-rublej.html> (26 mars 2019).

Lavrov, Anton (2017) "Russian Military Terrestrial Robots", *Moscow Defense Brief*, nr. 1, ss. 13–15.

Lemutkina, Marina (2021) "Zakon o prosvetitel'skoj dejatel'nosti glazami rektorov" [Lagen om utbildningsverksamhet ur rektorers perspektiv], *Moskovskij komsomolets*, 1 juni, <https://www.mk.ru/social/2021/06/01/zakon-o-prosvetitel'skoy-deyatelnosti-glazami-rektorov-pridumaem-kak-mimikrirovat.html> (2 juni 2021).

Leijonhielm, Jan, Clevström, Jenny, Nilsson, Per-Olov och Unge, Wilhelm (2002) *Den ryska militärtekniska resursbasen: Rysk forskning, kritiska teknologier och vapensystem*, FOI-R--0618--SE, oktober.

Lemutkina, Marina (2021) "Zakon o prosvetitel'skoj dejatel'nosti glazami rektorov" [Lagen om utbildningsverksamhet ur rektorers perspektiv], *Moskovskij komsomolets*, 1 juni, <https://www.mk.ru/social/2021/06/01/zakon-o-prosvetitel'skoy-deyatelnosti-glazami-rektorov-pridumaem-kak-mimikrirovat.html> (2 juni 2021).

Lindström, Sandra, Hallgren, Kristofer, Papadogiannakis, Seméli, Rasmusson, Ola, Rydqvist, John och Westman, Jonatan (2021) *Omvärldsanalys Rymd 2020 – Fokus på försvar och säkerhet*, FOI-R--5077--SE, januari.

Lowry, Anna (2021) "Russia's Digital Economy Program: An Effective Strategy for Digital Transformation?" i Gritsenko, Daria, Wijemars, Mariëlle och Kopotev, Mikhail, red., *The Palgrave Handbook of Digital Russia Studies*, Cham: Palgrave, ss. 53–75.

Malmöf, Tomas (2019) *The Russian Machine Tool Industry: Prospects for a Turnaround?* FOI-R--4635--SE, februari.

Malmöf, Tomas och Engvall, Johan (2020) "Försvarsmaterielleveranser" i Westerlund, Fredrik och Oxenstierna, Susanne (red.) *Rysk militär förmåga i ett tioårsperspektiv*, FOI-R--4752--SE, s. 107–20.

Marr, Bernard (2017) "What Is Digital Twin Technology – And Why Is It So Important?", *Forbes*, 6 mars, <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/03/06/what-is-digital-twin-technology-and-why-is-it-so-important/?sh=116d94fa2e2a> (11 augusti 2021).

- McDermott, Roger (2020) "Tracing Russia's Path to Network-Centric Military Capability", *Russia's Path to the High-Tech Battlespace*, Jamestown, 4 december, https://jamestown.org/program/tracing-russias-path-to-network-centric-military-capability/#_ftnref13 (22 november 2021).
- Mechanik, Aleksandr (2020) "Kak nam razvivat mikroelektroniku" [Hur vi bör utveckla mikroelektroniken], *Stimul – zjurnal ob innovatsijach v Rossii*, 11 november, <https://stimul.online/articles/sreda/kak-nam-razvivat-mikroelektroniku/> (17 maj 2021).
- Mil.ru (2021) "Vojennyj innovatsionnyj technopolis 'ERA' otmetjajet trechletije so dnja svojego sozdanija", 1 mars, https://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12346664@egNews (6 maj 2021).
- Ministeriet för digital utveckling, samband och masskommunikation, presentation "Handlingsplaner för utveckling av digitala tvärteknologier", <https://digital.gov.ru/uploaded/presentations/20191127adorozhnaya-karta-razvitiya-skvoznioi-tsifrovoi-tehnologii1-5.pdf> (1 april 2021).
- Ministeriet för digital utveckling, samband och masskommunikation, dokument under rubriken "Digitala teknologier", <https://digital.gov.ru/ru/documents/?directions=878> (26 mars 2019).
- Ministeriet för digital utveckling (2019) "Opredeleny razrabottjiki dorozjnych kart po tsifrovym tehnologijam" [Bestämt vilka som ska utveckla handlingsplaner för digitala teknologier], 2 april, <https://digital.gov.ru/ru/events/38906/> (24 september 2020).
- Monaghan, Andrew (2021) *How Russia Does Foresight*, EU ISS Brief (Foresight Series), nr. 1, 29 januari, <https://www.iss.europa.eu/content/how-russia-does-foresight> (5 mars 2021).
- Muller, Steven (1985) "Wilhelm von Humboldt and the University in the United States", *Johns Hopkins APL Technical Digest*, 6 (3), juli-september, <https://www.jhuapl.edu/TechDigest/Detail?Journal=J&VolumeID=6&IssueID=3> (9 juli 2021), ss. 253–256.
- NASA (2012) *Technology Readiness Level*, 28 oktober, https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html (1 april 2021).

- NATO Science & Technology Organization (2020) *Science & Technology Trends 2020–2040: Exploring the S&T Edge*, Bryssel (mars 2020), https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2020/4/pdf/190422-ST_Tech_Trends_Report_2020-2040.pdf (19 mars 2021).
- Nikolsky, Aleksey (2021) "Tjto budet s rossijskim perevooruzenijem v uslovijach sanktsij" [Vad händer med rysk ombeväpning under sanktionsvillkor], *Vedomosti*, 28 maj, <https://www.vedomosti.ru/politics/articles/2021/05/27/871702-rossiiskim-perevooruzheniem> (3 juni 2021).
- Nikolsky, Aleksey (2018) "Era Technopolis: Russian Army's R&D Brigade or Reincarnated Sharashka?", *Moscow Defense Brief*, nr. 4, 16–17.
- Notte, Hanna, Bidgood, Sarah, Sokov, Nikolai, Duitsman, Michael och Potter, William (2021) "Russia's Novel Weapons Systems: Military Innovation in the Post-Soviet Period", *The Nonproliferation Review*, <https://doi.org/10.1080/10736700.2021.1946271> (2 september 2021).
- OECD (2021) *Gross domestic spending on R&D (indicator)*, doi: 10.1787/d8b068b4-en (22 april 2021).
- Oxenstierna, Susanne (2019) "Ekonomisk utveckling och militärutgifter", i Westerlund, Fredrik och Oxenstierna, Susanne, red., *Rysk militär förmåga i ett tioårsperspektiv*, FOI-R--4752--SE, s. 91–106.
- Petrella, Stephanie, Miller, Chris och Cooper, Benjamin (2020) "Russia's Artificial Intelligence Strategy: The Role of State-Owned Firms", *Orbis*, 65 (1), ss. 75–100.
- Petrov, Ivan (2021) "Arsenal pod zakaz" [Arsenalsbeställning], *Rossijskaja gazeta*, 13 april, <https://rg.ru/2021/04/13/na-novuii-gosprogrammu-vooruzhenij-vydeliat-ne-menee-21-trilliona-rublej.html> (7 maj 2021).
- Petrov, Ivan (2018) "S 2019 goda v vojska natjnut postupat razvedyvatelno-udarnyje bespilotniki" [Rekognoserings- och attackdrönare kommer att börja förbandsättas från och med 2019] *Rossijskaja Gazeta*, 18 december, <https://rg.ru/2018/12/18/s-2019-goda-v-vojska-nachnut-postupat-razvedyvatelno-udarnye-bespilotniki.html> (5 maj 2021).

- Porter, Jon (2021) "Google Wants to Build a Useful Quantum Computer by 2029", *The Verge*, 19 maj, <https://www.theverge.com/2021/5/19/22443453/google-quantum-computer-2029-decade-commercial-useful-qubits-quantum-transistor> (17 augusti 2021).
- Putin, Vladimir (2020) "Zasedanje Vojenno-promysljennoj komissii" [Möte inom Militär-industriella kommissionen], 18 september, <http://kremlin.ru/events/president/news/64049> (7 maj 2021).
- Putin, Vladimir (2012) "Byt silnymi: garantii natsionalnoj bezopasnoti dlja Rossii" [Att vara stark garanterar Rysslands nationella säkerhet], *Rossijskaja gazeta*, 20 februari, <https://rg.ru/2012/02/20/putin-armiya.html> (23 november 2021).
- RBC (2021) "V Kremle ne videli tragedii v roste tjisla ujezjajosjikh iz Rossii utjonnykh", 22 april, https://www.rbc.ru/politics/22/04/2021/608146659a79478e8b151cea?from=from_main_6 (31 augusti 2021).
- Reuters (2021) "TSMC Says Has Begun Construction at Its Arizona Chip Manufacturing Site", 2 juni, <https://www.reuters.com/technology/tsmc-says-construction-has-started-arizona-chip-factory-2021-06-01/> (12 juli 2021).
- RIA Novosti (2020) "Rossijskij podvodnyj bespilotnik vpervye ispitali v Marianskoj vpadine" [Rysk undervattensdrönare för första gången testad i Marianergraven], 9 maj, <https://ria.ru/20200509/1571201199.html> (5 maj 2021).
- RIA Novosti (2019) "Istotjnik: V RF razrabotajut taktiku primenenija robotov v ulitjnykh bojakh" [I Ryska federationen utarbetas taktik för användning av autonoma urban strid], <https://ria.ru/20191124/1561522690.html> (6 juli 2021).
- RIA Novosti (2018) "FPI predlozjil Minoborony standarty dlja iskusstvennogo intellekta" [FPI föreslog Försvarsministeriet standarder för artificiell intelligens], 20 mars, <https://ria.ru/20180320/1516808875.html> (5 maj 2021).
- RIA Novosti (2017) "Dmitrij Ostaptjuk: tjerez 30 let robot ne ostavit tjeloveku mesta na pole boja" [Dmitrij Ostaptjuk: Om 30 år har roboten ersatt människan på slagfältet] 29 november, <https://ria.ru/20171129/1509777750.html> (5 maj 2021).

- Roach, Jacob (2021) "Intel Is Killing the Nanometer, and Good Riddance", *digitaltrends*, 26 juli, <https://www.digitaltrends.com/computing/intel-kills-nanometer/> (24 september 2021).
- Roffey, Roger (2010) *Biotechnology in Russia: Why Is It Not a Success Story?*, FOI-R--2986--SE, juni.
- Roffey, Roger (2013) "Russian Science and Technology is Still Having Problems – Implications for Defense Research", *Journal of Slavic Military Studies*, 26 (2), ss. 162–188.
- Rogozin, Dmitrij (2013) "Robot vstanet pod ruzje" [Roboten beväpnas], *Rossijskaja gazeta*, 22 november 2013, <https://rg.ru/2013/11/22/tehnologii.html> (9 mars 2021).
- Rosstat (2020) *Rossijskij statistitjeskij ezjegodnik 2020* [Rysk statistisk årsbok 2020], Moskva.
- Rossijskij nautjnyj fond, <https://www.rscf.ru/about/>.
- Rostec, www.rostec.ru/about/ (5 maj 2021).
- Rusnano (2020) "Massjtaby nanoindustrii: tjto prinesli investitsii ROSNANO dlja rossijskoj ekonomiki" [Nanoindustrins omfattning: Vad investeringarna i Rosnano har givit rysk ekonomi], 14 maj, <https://www.rusnano.com/about/press-centre/media/20200514-tass-masshtabyi-nanoindustrii-investitsii-rosnano-dlya-rossiyskoy-ekonomiki> (5 maj 2021).
- Ryska regeringens informationsportal om digitala teknologier, "Nejrotehnologii i iskusstvennyj intellekt" [Neurotekonologi och artificiell intelligens], https://digitech.ac.gov.ru/technologies/neurotechnology_and_artificial_intelligence/ (17 augusti 2021).
- Ryska vetenskapsakademins Institut för systemprogrammering uppkallat efter V.P. Ivannikov, <https://www.ispras.ru> (5 maj 2021).
- Ryska vetenskapsfonden, <https://www.rscf.ru/about/> (5 maj 2021).
- Schwarz, Paul (2019) "Russian Science and Technology: Current State and Implicationss for Defense", i Blank, Stephen J. (red.) *The Russian Military in Contemporary Perspective*, US Army War College Press, <https://press.armywarcollege.edu/monographs/907/> (11 maj 2021).

- SK hynix (inget årtal) ”These Are the Records SK hynix’s Growth Since 1983 until Today”, <https://www.skhynix.com/company/UI-FR-CP05> (24 september 2021).
- Skolkovo, <https://sk.ru/foundation/clusters/itc/> (5 maj 2021).
- Skolkovo (2019) *Annual Report 2019*, https://gymnasium.sk.ru/foundation/results/annual_reports_en/p/annual_report_2019.aspx (7 maj 2021).
- Skoltech, <https://www.skoltech.ru/research/en> (7 maj 2021).
- Skoltech (2019) *Strategic Action Plan 2019–2021*, https://www.skoltech.ru/app/data/uploads/2019/10/Strategic-plan-2019-2021_september-2019_mailing-small.pdf (7 maj 2021).
- Skomorochov, Roman (2021) “Kto ostanovit begstvo utjenych iz Rossii”, *Vojennoje obozrenije*, 8 juni, <https://topwar.ru/183727-kto-ostanovit-begstvo-uchenyh-iz-rossii.html> (9 juni 2021).
- Stepanov, Alexander (2018) “Ottisy F.E.D.O.R.a” [Fjodors fäder], *Nasja versija*, 13 september, <https://versia.ru/minoborony-bezuspeshno-rasxoduet-dengi-na-sozdanie-boevyx-robotov> (6 maj 2021).
- Svenska akademins ordlista, <https://svenska.se/> (12 maj 2021).
- Swedish Mining Innovation (inget datum) TRL-nivå, <https://www.swedishmininginnovation.se/sv/utlysningar/trl-niva/> (1 april 2021).
- TASS (2021) ”RAN: za granitsu s 2012 goda stalo ujezjat vpjatero bolsje utjjenych” [Ryska Vetenskapsakademin: fem gånger fler forskare lämnar sedan 2012] 20 april, www.nauka.tass.ru/nauka/11198355 (12 maj 2021).
- TASS (2020) “Istotjnik: giperzvukovaja raketa ‘Tsirkon’ vyjdjot na gosispytanija v 2021 godu” [Källa: den hypersoniska roboten ‘Tsirkon’ går till statliga tester 2021], 26 december, <https://tass.ru/armiya-i-opk/10358833> (5 maj 2021).
- TASS (2017) ”Russia Testing Weapons Based on ‘new physical principles’”, 18 oktober, <https://tass.com/defense/971232> (23 november 2021).
- Tichonov, Aleksandr (2018) “Tjtoby oruzjie budusjtjego sozdavat bystree” [Att skapa framtidens vapen snabbare], *Krasnaja zvezda*, 6 augusti, <http://redstar.ru/chtoby-oruzhie-budushhego-sozdavat-bystree/> (5 maj 2021).

- Times Higher Education World University Rankings 2020,
https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2020/world-ranking#!/page/0/length/25/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats
(5 maj 2021).
- Tisjina, Julija (2021) ”5G soberet dividendy” [5G lägger beslag på vinsterna], *Kommersant*, 20 januari, <https://www.kommersant.ru/doc/4653593>
(18 augusti 2021).
- Tisjina, Julija (2020) ”Internet nenuzhnykh vesjtjej” [De ej nödvändiga sakernas internet], *Kommersant*, 10 december,
<https://www.kommersant.ru/doc/4605543> (24 maj 2021).
- ”Top500 List - June 2021”, <https://www.top500.org/lists/top500/list/2021/06/>
*(24 september 2021).
- Transparency International (2020) *Corruption Perception Index 2020*,
<https://www.transparency.org/en/cpi/2020/index/rus> (13 juli 2021).
- Trudolyubov, Maksim (2020) “In Russia, Distrust of Authority Hinders Coronavirus Response”, *The Russia File*, Kennan Institute, 17 april,
<https://www.wilsoncenter.org/blog-post/russia-distrust-authority-hinders-coronavirus-response> (13 juli 2021).
- Tsvetkov, Valerij (2016) “Oboronno-promyslennyj kompleks Rossii: problemy i perspektivy razvitiya” [Rysslands försvarsindustriella komplex: problem och utvecklingsmöjligheter], <http://www.ipr-ras.ru/appearances/tsvetkov-opcconf-2016.pdf> (5 maj 2021).
- Turgeneva, Elizaveta (2017) “Skolkovo – First Russian Successful Mega-Project?” *fondapol.org*, 20 maj,
<https://fondapol.preprod.sooyoos.com/decryptage/skolkovo-first-russian-successful-mega-project/> (5 maj 2021).
- Utbildnings- och vetenskapssministeriet (2017) *Metodika opredelenija uroven gotovnosti tehnologii v ramkach projektov federalnoj tselevoj programmy ”Issledovanija i razrabotki po prioritetnym napravlenijam razvitiya nautjno-technologitjeskogo kompleksa Rossija na 2014–2020 gody”* [Metodologi för att bestämma en teknologis mognadsnivå inom ramen för projekt inom federala målprogrammet ”Forskning och utveckling inom prioriterade utvecklingsriktningar för Rysslands vetenskapliga-teknologiska komplex 2014–2020], 11 juli 2017, https://xn--m1agf.xn--p1ai/upload/iblock/7cd/GT_57_14vn.pdf (1 april 2021).

- Utbildnings- och vetenskapsministeriet (2020) "Podvedeny itogi dejatelnosti sistemy gosudarstvennykh nautjnykh tsentrov Rossijskoj Federatsii" [Sammanfattning av verksamhetsresultaten för Ryska Federationens statliga vetenskapscentrum], 22 december, https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/?ELEMENT_ID=27042 (7 september 2021).
- US Department of Energy, "Technology Readiness Assessment Guide", <https://www2.lbl.gov/DIR/assets/docs/TRL%20guide.pdf> (1 april 2021).
- Vendil Pallin, Carolina (2020a) "Cybersäkerhet och cyberoperationer: Rysk doktrin och praktik", *KKrVA HoT*, nr. 1, januari, ss. 121–36.
- Vendil Pallin, Carolina (2020b) "Ryssland och AI: Målsättningar, centrala aktörer och konkurrenskraft", Underlag till Regeringskansliet, 3 december.
- Vendil Pallin, Carolina (2009) *Russian Military Reform: A Failed Exercise in Defence Decision Making*, London, Routledge.
- Vetenskapsrådet (2019) "Vetenskapsrådet kommenterar den nationella life-science-strategin", <https://www.vr.se/aktuellt/nyheter/nyhetsarkiv/2019-12-17-vetenskapsradet-kommenterar-den-nationella-life-science-strategin.html> (12 maj 2021).
- Vetenskapsrådet (2018) "Vad är forskningsinfrastruktur?", <https://www.vr.se/uppdrag/forskningsinfrastruktur/vad-ar-forskningsinfrastruktur.html> (12 maj 2021).
- Weidacher Hsiung, Christopher (2021) "China's Technology Cooperation with Russia: Geopolitics, Economics, and Regime Security", *The Chinese Journal of International Politics*, augusti, <https://doi.org/10.1093/cjip/poab009>, ss. 1–33.
- Weiss, Andrew S. (2021) *New Tools, Old Tricks: Emerging Technologies and Russia's Global Tool Kit*, Carnegie – The Return of Global Russia, april, https://carnegieendowment.org/files/202104-Weiss_Russia_Global_Tool_kit.pdf (5 maj 2021).
- Westerdahl, Lars (2020) "Distribuerade liggare" i Kindvall, Göran och Lindberg, Anna (red.) *Militärteknik 2045. Ett underlag till Försvarsmaktens perspektivstudie*, FOI-R--5095--SE, november, ss. 51–56.
- Westerlund, Fredrik (2011) *Russian Nanotechnology R&D: Thinking Big about Small Scale Science*, FOI-R--3197--SE, juni.
- Westerlund, Fredrik och Oxenstierna, Susanne (red.) *Rysk militär förmåga i ett tioårsperspektiv*, FOI-R--4752--SE, december.

Whaley, Barton (1982) Covert rearmament in Germany 1919-1939: Deception and misperception, in John Gooch & Amos Perlmutter (red) *Military deception and strategic surprise*, Abingdon: Routledge.

Yakovlev, Andrei (2021) "Composition of the Ruling Elite, Incentives for Productive Usage of Rents, and Prospects for Russia's Limited Access Order", *Post-Soviet Affairs*,
<https://doi.org/10.1080/1060586X.2021.1966988> (1 september 2021).

Zakvasin, Aleksej och Komarova, Elizaveta (2019) "Novaja 'Era': kak Minoborony razvivaet unikalnyj vojennyj technopolis", *RT.com*, 16 april,
<https://russian.rt.com/russia/article/621873-rossiya-tehnopolis-era-minoborony> (1 september 2021).

Zgirovskaja, Ekaterina (2021) "Dlja sudostroitelej lokalizatsija – eto vojna" ["Lokalisering av produktion till Ryssland är ett krig"], *Vedomosti*, 25 maj, <https://www.vedomosti.ru/business/characters/2021/05/24/871134-lokalizatsiya-eto-voina> (7 juli 2021).

Zjdanov, Aleksej (2021) "Doroga bez kontsa: potjemu dorozhnaja karta IoT nikuda ne vedet" [En väg utan slut: Varför vägkartan för IoT inte leder någonstans], *Telesputnik*, 18 januari,
<https://telesputnik.ru/materials/mneniya/opinion/doroga-bez-kontsa-pochemu-dorozhnaya-karta-iot-nikuda-ne-vedet/> (28 april 2021).

Zysk, Katarzyna (2021) "Military R&D, innovation and Breakthrough Technologies", i Bendett, Samuel, Boulège, Mathieu, Connolly, Richard, Konaev, Margarita, Podvid, Pavel och Zysk, Katarina, *Advanced Military Technology in Russia: Capabilities and Implications*, Chatham House – Research Paper, september,
<https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/2021-09/2021-09-23-advanced-military-technology-in-russia-bendett-et-al.pdf>
(24 september 2021), ss. 11–22.

Putins linjetal:

1 december 2016 : <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/53379>
(16 maj 2021).

1 mars 2018: <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/56957> (23 mars 2021).

Ryska lagar, doktriner, strategier och planeringsdokument

Samtliga dokument är på ryska och refereras till i texten i svensk översättning.

Direktiv från Presidentadministrationen, ”Ob organizatsionnom komitete po provedeniju v Rossijskoj Federatsii Goda nauki i tehnologij” [Om organisationskommittén för ledning av Ryska federationens år för Vetenskap och teknik], nr. 976-r, 25 december 2020, <http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/IEBEvQEVr8KZD07koZg8rzH0FeI691CA.pdf> (5 mars 2021).

Federal lag om FPI, ”O Fonde perspektivnyh issledovanij”, nr. 174-FZ, 16 oktober 2012, <http://www.kremlin.ru/acts/bank/36169> (27 augusti 2021).

Federal lag om strategisk planering, ”O strategitjeskom planirovanii v Rossijskoj Federatsii”, nr. 172-FZ, 28 juni 2014, <https://rg.ru/2014/07/03/strategia-dok.html> (28 februari 2021).

Federal lag (tilläggs lag till lagen om strategisk planering), nr. 277-FZ, 3 juli 2016, http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200571/b004fed0b70d0f223e4a81f8ad6cd92af90a7e3b/ (4 mars 2021).

Federalt målprogram, ”Forskning och utveckling enligt prioriterade utvecklingslinjerna inom vetenskapliga-teknologiska komplexet 2014–2021”, ”Federalnaja tselevaja programma ’Issledovanija i razrabotki po prioritetnym napravlenijam razvitija nautjno-technologitjeskogo kompleksa Rossii na 2014–2021 gody””, fastställt enligt regeringsförordning nr. 426, 21 maj 2013, http://www.fcpir.ru/upload/medialibrary/260/Polniy-text-programmi_red-ot-01122020_.pdf (30 mars 2021).

Handlingsplan för nationella projektet ”Ryska federationens digitala ekonomi”, fastställt av presidiet för Rådet för strategisk utveckling och nationella projekt, protokoll nr. 7, 4 juni 2019, https://digital.gov.ru/uploaded/files/natsionalnaya-programma-tsifrovaya-ekonomika-rossijskoj-federatsii_NcN2nOO.pdf (26 mars 2021).

Handlingsplan för nationella projektet ”Vetenskap”, fastställt av presidiet för Rådet för strategisk utveckling och nationella projekt, protokoll nr. 16, 24 december 2018, <http://static.government.ru/media/files/vCAoi8zEXRVsuy2Yk7D8hvQbpbUSwO8y.pdf> (9 mars 2021).

Handlingsplan för (STsT) distribuerade liggare, Novosibirsk institut för programsystem, Moskva, 2019,
<https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019srr.pdf>
(20 april 2021).

Handlingsplan för (STsT) förstärkt och virtuell verklighet, Fjärran österns federala universitet, Moskva, 2019,
<https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019vrrar.pdf>
(20 april 2021).

Handlingsplan för (STsT) kvantteknologi, Nationella teknologiska forskningsuniversitetet (MISiS), Moskva, 2019,
<https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019kvanty.pdf>
(20 april 2021).

Handlingsplan för (STsT) neuroteknologi och artificiell intelligens, Sberbank, Moskva, 2019, <https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019ii.pdf>
(20 april 2021).

Handlingsplan för (STsT) nya produktionsteknologier, Sankt Petersburgs statliga tekniska universitet, Moskva, 2019,
<https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019npt.pdf>
(20 april 2021).

Handlingsplan för (STsT) robotteknik- och sensorkomponenter, Teknologiparken "Innopolis", Moskva, 2019,
<https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019robototekhnika-i-sensorika.pdf>
(20 april 2021).

Handlingsplan för (STsT) teknologier för trådlös kommunikation, Nationellt centrum för informatisering, Moskva, 2019,
<https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019tbs.pdf>
(20 april 2021).

Inriktning av vetenskaps-, teknologi- och teknikutvecklingen, presidentdekret, nr. 899, 7 juli 2011, "Ob utverzjdenii prioritetnykh napravlenij razvitija nauki, tehnologij i tehniki v Rossijskoj Federatsii i peretjnja krititjeskich tehnologii v Rossijskoj Federatsii", <http://kremlin.ru/acts/bank/33514>
(28 februari 2021).

Komplettering av Inriktning av vetenskapliga, teknologi- och teknikutvecklingen, presidentdekret, nr. 623, 16 december 2015, "O Natsionalnom tsentre razvitija tehnologij i basovykh elementov robototekhniki", <http://kremlin.ru/acts/bank/40306>
(28 februari 2021).

Nationell strategi för utvecklingen av AI, "O razvitii iskusstvennogo intellekta v Rossijskom Federatsii", antagen genom presidentdekret nr. 490, 10 oktober 2019,
<http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/AH4x6HgKWANwVtMOfPDhcbRpvd1HCCsv.pdf> (24 maj 2021).

Presidentdekret (Majdekreten), "O natsionalnykh tseljach i strategitskich zadatjach razvitija Rossijskoj Federatsii na period do 2024 goda", nr. 204, 7 maj 2018, <http://kremlin.ru/acts/bank/43027> (9 mars 2021).

Presidentdekret om Militärindustriella kommissionen (VPK), "O vojenno-promyslennykh komissii Rossijskoj Federatsii" [Om Ryska federationens Militärindustriella kommission], nr. 231, 20 mars 2006,
<http://kremlin.ru/acts/bank/23559> (9 maj 2021).

Presidentdekret om Militärindustriella kommissionen (VPK), "O vojenno-promyslennykh komissii Rossijskoj Federatsii" [Om Ryska federationens Militärindustriella kommission], nr. 627, 10 september 2014,
<http://kremlin.ru/acts/bank/38862> (7 maj 2021).

Presidentdekret om Rysslands utvecklingsmål till 2030, "O natsionalnykh tseljach razvitija Rossijskoj Federatsii na period do 2030 goda", nr. 474, 21 juli 2020, <http://kremlin.ru/events/president/news/63728> (16 mars 2021).

Presidentdekret om Vetenskapens och teknologins år, "Ukaz o provedenii Goda nauki i tehnologii" [Dekret om att genomföra Vetenskapens och teknologins år], nr. 812, 25 december 2020,
<http://kremlin.ru/acts/news/64749> (5 mars 2021).

Prognos för Rysslands social-ekonomiska utveckling till 2036, "Prognoz sotsialno-ekonomitjeskogo razvitija Rossijskoj Federatsii na period do 2036 goda", Ministeriet för ekonomisk utveckling, 28 november 2018,
<https://www.economy.gov.ru/material/file/a5f3add5deab665b344b47a8786dc902/prognoz2036.pdf> (10 maj 2021).

Prognos för vetenskapligt-teknologiska utvecklingen till 2030, "Prognoz nautjno-technologitjeskogo razvitija Rossijskoj Federatsii na period do 2030 goda", fastställd genom regeringsbeslut, nr. DM-P8-5, 3 januari 2014,
<https://in.minenergo.gov.ru/tek/strategiya-i-prognozy/prognoz-nauchno-tekhnologicheskogo-razvitiya-rossiyskoy-federatsii-na-period-do-2030-goda> (3 mars 2021).

Program för vetenskaplig grundforskning 2021–2030, antagen per regeringsorder nr. 3684-r, 31 december 2020, ”Programma fundamentalnyh nautnyh issledovaniy v Rossijskoj Federatsii na dolgosrotjnyj period (2021–2030)”, <http://static.government.ru/media/files/skzO0DEvyFOIBtXobzPA3zTyC71cRAOi.pdf> (16 mars 2021).

Regeringsorder, Lista över vetenskapliga organisationer som fortsatt har status som statligt ryskt vetenskapligt centrum, nr 1221-r, 6 juni 2019, ”Peretjen nautnyh organizatsij, za kotorymi sochranjajetsja status gosudarstvennogo nautnogo tsentra Rossijskoj Federatsii”, http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_326515/ (27 augusti 2021).

Regeringsorder nr. 1427-r, 28 maj 2020, ”O vnesenii izmenenij v sostav nautno-technitjeskogo soveta Vojenno-promysljennoj komissii Rossijskoj Federatsii” [Om ändringar i sammansättningen av vetenskapligt-tekniska rådet vid Ryska federationens Militärindustriella kommission], <https://docs.cntd.ru/document/565017549> (14 maj 2021).

Ryska federationens statsduma, lagförslag nr. 442315-7, 23 maj 2018, <https://sozd.duma.gov.ru/bill/442315-7> (18 augusti 2021).

Strategi för utveckling av elektronikindustrin till 2030, ”Strategija elektronnoj promyslennosti Rossijskoj Federatsii na period do 2030 goda”, antagen genom regeringsorder nr. 20-r, 17 januari 2020, <http://static.government.ru/media/files/1QkfNDghANiBUNBbXaFBM69Jxd48ePeY.pdf> (17 maj 2021).

Strategi för vetenskaplig och teknisk utveckling, ”Strategija nautno-technologitjeskogo razvitija Rossijskoj Federatsii”, antagen per presidentdekret nr. 642, 1 december 2016, <http://kremlin.ru/acts/bank/41449/page/1> (14 maj 2021).

Statligt program för vetenskaplig-teknologisk utveckling, ”Ob utverzjdenii gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federatsii ”Nautno-technologitjeskoje razvitije Rossijskoj Federatsii””, antagen per regeringsförordning nr. 377, 29 mars 2019, <http://static.government.ru/media/files/AAVpU2sDAvMQkIHV20ZJZc3MDqcTxt8x.pdf>.

Ändring i Federal lag om FSB, nr. 40-FZ, 24 juli, 2020, <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007310049?index=0&rangeSize=1> (21 maj 2021).

Appendix Tabell 9. Satsningar på FoU som andel av BNP

Tabell 9. Satsningar på FoU som andel av BNP för Ryssland, USA, Kina, Sverige och OECD-genomsnittet, 2000–2019 (%)

	<i>Sverige</i>	<i>USA</i>	<i>Kina</i>	<i>Ryssland</i>	<i>OECD</i>
2000		2,6	0,9	1,0	2,1
2001	3,9	2,6	0,9	1,1	2,1
2002	3,6	2,6	1,1	1,2	2,1
2003	3,6	2,6	1,1	1,2	2,1
2004	3,4	2,5	1,2	1,1	2,1
2005	3,4	2,5	1,3	1,0	2,1
2006	3,5	2,6	1,4	1,0	2,1
2007	3,2	2,6	1,4	1,0	2,2
2008	3,5	2,8	1,4	1,0	2,2
2009	3,4	2,8	1,7	1,2	2,3
2010	3,2	2,7	1,7	1,1	2,3
2011	3,2	2,8	1,8	1,0	2,3
2012	3,2	2,7	1,9	1,0	2,3
2013	3,3	2,7	2,0	1,0	2,3
2014	3,1	2,7	2,0	1,1	2,3
2015	3,2	2,7	2,1	1,1	2,3
2016	3,2	2,8	2,1	1,1	2,3
2017	3,4	2,8	2,1	1,1	2,4
2018	3,3	2,9	2,1	1,0	2,4
2019	3,4	3,1	2,2	1,0	2,5

Källa: OECD (2021) *Gross domestic spending on R&D (indicator)*, doi: 10.1787/d8b068b4-en (22 april 2021). I OECD:s siffror för FoU-utgifter ingår samtliga satsningar, privata och statliga inom respektive land, mätt i konstanta priser med 2015 som basår och köpkraftsanpassade, här mätta som andel av BNP.

