

Id	Titel opgave	nr opg	Klas	NOVA	Chemie	Chemie Overall
1	Printen met water	1406-01	5v	5v,H8	5v,H10	5v,H10
2	Propyleenglycoldamp met nicotine	1406-10	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H2/5v,H10	4h,H7/4v,H6
3	Stabiele prestaties van suikerbieten	1406-11	3hv	3h,H6/3v,H2	3h,H1/3v,H1	3h,H4/3v,H4
4	Vier ozonvreters in atmosfeer	1406-12	5,6v	6v,H12	5v,H10	5v,H10
5	Zoek het polonium	1406-13	4,5v	4h,H1/4v,H1	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
6	Elektriciteit uit afvalgas	1406-14	5v	5v,H9	6v,H16	6v,H20
7	Ik voorzie een CO ₂ tekort	1406-15	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3	4h,H1/4v,H7
8	Argon in de ruimte	1406-02	4hv	4h,H1/4v,H1	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
9	Schone kleding zonder palmolie	1406-03	5hv	5h,H10/6v,H13	5h,H14/6v,H17	5h,H7/4v,H6
10	Mosterdgas zoekt opruimdienst	1406-04	5v	5v,H10	5v,H10	6v,H20
11	Minisyn gasgenerator	1406-05	3v, 4hv	3v,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3	4h,H1/4v,H7
12	Imazalil	1406-06	4hv	4v,H3	4v,H3	4v,H6
13	Zuurstof in ruimtestation ISS	1406-07	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4	3h,H4/3v,H4
14	Radicale chemie	1406-08	5,6v	5v,H10	5v,H10	5v,H12
15	Arseen maakt waterstof	1406-09	5v	5v,H9	6v,H16	6v,H17
16	Kevertruc verdedigt pinautomaten	1408-01	4hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/4v,H7	4h,H1/4v,H1
17	Contactlens Google meet bloedsuiker	1408-10	5v	5v,H9	6v,H17	6v,H19
18	Superkatalysator zet CO ₂ om in CO	1408-02	4hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/4v,H7	5h,H9/4v,H7
19	Lignineprobleem opgelost	1408-03	5v	5v,H8	5v,H12	5v,H15
20	Serieus afbreekbaar bioplastic	1408-04	5v	6v,H11	6v,H19	6v,H18
21	Goedkoop struviet	1408-05	4hv	4h,H4/4v,H4	4h,H4/4v,H5	4h,H5/4v,H4
22	Productie duurzame energie stijgt, maar niet snel genoeg	1408-06	4hv	4v,H3	4v,H3	4v,H7
23	Groen, goud, blond	1408-07	4hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/4v,H7	5h,H9/4v,H7

24	Bodem boert CO ₂ weer omhoog	1408-08	5,6v	6v,H14	6v,H19	6v,H20
25	Meer ozon door alcoholauto	1408-09	5,6v	5v,H10	6v,H16	6v,H20
26	Robotpil kan injecties overbodig maken	1409-01	4,5hv	5h,H7/5v,H6	4h,H8/4v,H8	4h,H1/4v,H1
27	Efficiënte elektrolysetechniek voor waterstofproductie	1409-02	5v	5v,H9	6v,H16	6v,H20
28	De kat op de tumor binden	1409-03	5v	5v,H8	5v,H10	5v,H12
29a	Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide versie I	1409-04a	5v	6v,H12	6v,H16	6v,H20
29b	Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide versie II	1409-04b	5v	5v,H8	6v,H16	6v,H20
30	Onze slinkende energievoorraad	1409-05	4hv	4v,H3	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3
31a	Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie I	1409-06a	5hv	6v,H13	6v,H17	5v,H14
31b	Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie II	1409-06b	3-6hv	5v,H8	5v,H10	5v,H14
31c	Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie III	1409-06c	5,6v	5v,H8	5v,H10	5v,H14
32	Nieuw chemisch middel belooft revolutie in papierindustrie	1409-07	4,5hv	4h,H3/4v,H2	4h,H6/4v,H6	4h,H7/4v,H6
33	Solarjet maakt kerosine uit zonlicht	1409-08	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4	3h,H4/3v,H4
34	Power-to-gas-installatie	1409-09	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H14/6v,H16	5h,H9/6v,H17
35a	3D geprinte fopframboos versie I	1410-01a	3,4hv	3h,H6/4v,H2	3h,H6/3v,H6	3h,H8/3v,H8
35b	3D geprinte fopframboos versie II	1410-01b	5h; 5,6v	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H19	5h,H11/6v,H19
36	Hoeveel zuurstof produceert een boom gemiddeld?	1410-02	4,5hv	4h,H2/4v,H1	4h,H5/4v,H4	4h,H3/4v,H3
37	Planten maken groene stroom	1410-03	5v	5v,H9	6v,H16	5h,H9/6v,H17
38	Waar komt de batterij vandaan?	1410-04	5v	5v,H9	5v,H11	6v,H17

39	Nano-ui	1410-05	5,6v	6v,H13	6v,H19	6v,H18
40	Centraal verwarmd nanodeeltje	1410-06	5,6v	6v,H11	6v,H15	6v,H15
41	Gas uit licht en water	1410-07	5v	5v,H9	6v,H16	6v,H15
42	Doodzonde om op te stoken	1410-08	5,6v	6v,H14	6v,H16	6v,H15
43	Bioaromaten in opmars	1410-09	5,6v	6v,H11	6v,H15	6v,H15
44	Kat maakt etheen van methaan	1411-01	5,6v	5v,H8	5v,H14	4v,H6
45a	Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie I	1411-02a	5v	6v,H13	6v,H16	6v,H17
45b	Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie II	1411-02b	5h	5h,H11	5h,H14/5v,H16	5h,H11/6v,H15
45c	Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie III	1411-02c	5hv	5h,H7/5v,H9	5h,H11/6v,H16	5h,H9/5v,H11
46	Botten gemaakt van bier	1411-03	4hv	4h,H4/4v,H4	4h,H4/4v,H5	4h,H5/4v,H4
47	Zonnepanelen produceren mierenzuur	1411-04	3hv	3h,H4/3v,H4	3h,H3/3v,H3	3h,H4/3v,H4
48	Tijdelijke tatoeage haalt stroom uit zweet	1411-05	5,6v	5v,H9	6v,H16	6v,H17
49	Naar 50km op zoetjes, kaarsvet en lachgas	1411-06	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4	3h,H5/3v,H5
50	Krypton dateert eeuwig ijs	1411-07	4hv	4h,H1/4v,H1	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
51	Enzym duikt in furanen	1411-08	5,6v	5v,H8	5v,H11	5h,H9/5v,H11
52	Te simpel	1411-09	5,6v	5v,H8	5v,H11	5v,H11
53	Tot het laatste kooltje	1411-10	3hv	3h,H4/3v,H5	3h,H4/3v,H4	3h,H5/3v,H5
54	Ethanol kraakt lignine	1501-01	5hv	5v,H8	5v,H10	4v,H6
55	Cholesterol voedt sensor	1501-02	5,6v	5v,H9	6v,H17	6v,H17
56	600 km op 1 tankbeurt	1501-03	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/6v,H16	5h,H9/56v,H17

57	Een boodschappentas van vissenslijm	1501-04	5,6v	6v,H13	6v,H17	5v,H14
58a	Mesvrij vest versie I	1501-05a	3hv	3h,H5/3v,H5	3h,H4/3v,H4	3h,H4/3v,H4
58b	Mesvrij vest versie II	1501-05b	5hv	6v,H11	5v,H12	5v,H9
59	Complex molecuulontdekt in de ruimte	1501-06a	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/5v,H10	4h,H7/4v,H6
60	Vertakte moleculen op sterrenstof	1501-06b	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H3/5v,H10	4h,H7/4v,H6
61	Complexe organische moleculen gevonden in de ruimte	1501-06c	6v	5v,H7	5v,H10	4v,H6
62	Nieuw kristal neemt zuurstof efficiënt op	1501-07	5v	4v,H6	4v,H7	4v,H2
63	Het is nu echt tijd voor SMA	1501-08	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H12/5v,H10	4h,H7/4v,H6
65	Magisch zand	1501-09	3,4hv	3h,H1/3v,H1 4h,H3/4v,H2	3h,H1/3v,H1	3h,H1/3v,H1
66	Koning opent DSM-fabriek in VS	1501-10	5hv	5h,H1/5v,H8	5h,H12/6v,H15	5h,H11/5v,H15
67	Bandje om membraaneiwit	1502-01	5v	6v,H11	6v,H15	5v,H13
68	Afgevangen CO ₂ input voor nieuwe producten	1502-02	3hv	3h,H3/3v,H4	3h,H3/3v,H3	3h,H4/3v,H4
69	Natuurgetrouw magnetiet	1502-03	4hv	4h,H6/4v,H6	4h,H4/4v,H5	4h,H5/4v,H4
70	Het terroir zit vol gele en blauwe poeders	1502-04	4hv	4h,H4/4v,H4	4h,H4/4v,H5	4h,H5/4v,H4
71a	AkzoNobel en Photanol gaan uit zonlicht en CO ₂ chemicaliën maken (versie 3hv)	1502-05a	3hv	3h,H3/3v,H4	3h,H3/3v,H3	3h,H4/3v,H4
71b	AkzoNobel en Photanol gaan uit zonlicht en CO ₂ chemicaliën maken (versie 4hv)	1502-05b	4hv	4v,H3	4v,H7	4h,H1/4v,H1
72	Schaliegaswinning stinkt	1502-06	5v	6v,H12	6v,H16	4h,H7/4v,H7
73	Iets lager suikergehalte in vijfde campagneweek	1502-07	3hv	3h,H3/3v,H2	3h,H6/3v,H6	3h,H2/3v,H2

74	Wat is CCS?	1502-08	4hv	4v,H3	4h,H3/4v,H3	4h,H1/4v,H7
75	Nieuwe wet haalt streep door vele koudemiddelen	1502-09	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H2/4v,H3	4h,H7/4v,H6
76	Visie duurzame brandstoffenmix	1502-10	5v	5v,H9	6v,H16	6v,H17
77	Hoe kan de zon branden als er geen zuurstof is in de ruimte?	1503-01	4hv	4h,H1/4v,H1	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
78	Chemisch spaakwiel	1503-02	5,6v	5v,H7	5v,H10	4v,H6
79	Recycling tandpastatubes met magnetron	1503-03	4,5v	6v,H11	6v,H19	6v,H11
80	Vitamine C	1503-04	5v	5v,H9	5v,H13	5v,H11
81a	De suikerbiet als het nieuwe goud	1503-05a	3hv	3h,H7/3v,H7	3h,H7/3v,H7	3h,H8/3v,H8
81b	De suikerbiet als het nieuwe goud	1503-05b	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H19	5h,H11/6v,H20
82	Teflon helpt palladium	1503-06	5v	6v,H11	6v,H19	6v,H18
83	Slimme polymeren repareren je knie	1503-07	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H15	5h,H10/5v,H13
84	Suikerunie lonkt naar de chemie	1503-08	5v	4v,H3	5v,H14	6v,H18
85	Water ouder dan zon	1503-09	4hv	4h,H1/4v,H1	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
86	Polymeer trouwt spiegelbeeld	1503-10	5,6v	6v,H11	6v,H15	5v,H12
87	Negenwaardig iridium	1504-01	5,6v	5v,H7	6v,H18	5v,H12
88	Nieuwe microben voor Mars	1504-02	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4	3h,H4/3v,H4
89	Witte wijn heeft ook roodpigment	1504-03	5,6v	6v,H12	5v,H10	5v,H10
90	Oostenrijkse onderzoekers veranderen CO2 in alcohol	1504-04	5,6v	6v,H14	6v,H19	6v,H18

91	Methaan op Mars	1504-05	4hv	4h,H4/4v,H4	5h,H11/5v,H11	5h,H9/5v,H11
92	Pectine en brandstof uit koffiepulp en drab	1504-06	5hv,6v	5h,H11/6v,H14	5h,H14/6v,H16	5h,H11/6v,H20
93	Er was vrijwel geen zuurstof voor oerdieren	1504-07	4hv	4h,H1/4v,H1	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
94	Perovskiet maakt waterstof	1504-08	5,6v	5v,H9	6v,H16	5v,H11
95	MOF in dunne plakjes	1504-09	5,6v	5v,H7	6v,H18	6v,H18
96	Ruimtereis op hybride stuwstof	1504-10	5v	5v,H9	6v,H16	5v,H11
97	Hoe natrium ontploft	1505-01	4,5hv	4h,H6/4v,H5	4h,H2/4v,H2	4h,H1/4v,H1
98	Natriumexplosie	1505-02	3hv	3h,H3/3v,H4	3h,H3/3v,H3	3h,H3/3v,H3
99a	Zoete rozengeur is pure chemie (versie I)	1505-03a	5,6v	5v,H7	5v,H10	5v,H12
99b	Zoete rozengeur is pure chemie (versie II)	1505-03b	5,6v	5v,H7	5v,H10	5v,H12
99c	Zoete rozengeur is pure chemie (versie III)	1505-03c	5,6v	5v,H7	5v,H10	5v,H12
100	Hoe het leven zich een draai gaf	1505-04	5,6v	5v,H7	5v,H10	5v,H12
101a	Fortune telling fish (versie I)	1505-05a	3hv	3h,H3/3v,H4	3h,H2/3v,H2	3h,H1/3v,H1
101b	Fortune telling fish (versie II)	1505-05b	5hv	4h,H3/4v,H2	4h,H6/4v,H6	4h,H4/4v,H3
102	Boor bindt beryllium	1505-06	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
103	Manier om ei te 'ontkoken' helpt ook tegen kanker	1505-07	6v	6v,H13	6v,H17	5v,H14
104	Recept voor groenere nylon	1505-08	5,6v	6v,H14	6v,H15	6v,H11

105	Hoe azobenzeen werkt	1505-09	5v	5v,H7	5v,H10	5v,H12
106a	Da Vinci brug van ijs (versie 1)	1509-01a	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
106b	Da Vinci brug van ijs (versie 2)	1509-01b	3,4hv	3h,H5/3v,H5	3h,H7/3v,H7	3h,H1/3v,H1
107	Groene PETfles uit afvalhout	1509-02	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H15	5h,H10/5v,H13
108	Eeneiige tweelingen uit elkaar houden? Verhit hun DNA	1509-03	4hv; 5,6v	4h,H3/4v,H2	4h,H6/4v,H6	4h,H4/4v,H3
109	Bioplastics in melkpakken Friesland Campina	1509-04	5hv; 6v	5h,H9/6v,H11	5h,H14/6v,H18	5h,H11/6v,H18
110	Spelenderwijs stikstof splitsen	1509-05	5v	5v,H7	6v,H18	5v,H12
111	Pyrolysefabriek in Hengelo geopend	1509-06	3hv	3h,H3/3v,H4	3h,H4/3v,H4	3h,H4/3v,H4
112	Kant en klaar in karton	1509-07	5hv	6v,H11	5h,H11/5v,H11	5h,H9/5v,H11
113	We gooien voor 48 miljard aan metalen weg	1509-08	3hv	3h,H5/3v,H6	3h,H7/3v,H5	3h,H6/3v,H6
114	Katalysator versnelt omzetting biomassa	1509-09	5hv	5h,H9/5v,H8	5h,H11/6v,H16	4h,H7/5v,H12
115a	Dunne film voorkomt verdamping (versie 1)	1509-10a	3-5hv	4h,H3/4v,H2	4h,H8/5v,H10	5h,H11/6v,H18
115b	Dunne film voorkomt verdamping (versie 2,3)	1509-10b	3hv	3h,H6	3h,H6/3v,H6	3h,H1/3v,H1
115c	Dunne film voorkomt verdamping (versie 4)	1509-10c	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H6/4v,H6	4h,H4/4v,H3
115d	Dunne film voorkomt verdamping (versie 5)	1509-10d	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H5/4v,H4	4h,H3/4v,H3
116	Knieschijf uit de printer	1509-11	5hv; 6v	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H19	5h,H10/6v,H18
117	Schiphol zuivert afvalwater met algen en CO2	1510-01	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4
118	Zesring kopieert zichzelf	1510-02	5,6v	5v,H9	5v,H8	5v,H11
119	Zink leidt tot nierstenen	1510-03	5,6v	5v,H9	5v,H12	5v,H9
120	Europium slaat neer (versie 1)	1510-04	6v	5v,H7	6v,H18	5v,H12
121	Europium slaat neer (versie 2)	1510-05	5hv	5h,H7/5v,H9	5h,H11/5v,H11	5h,H9/5v,H11
122	Waterstof uit windenergie	1510-06	3hv	3h,H3/3v,H4	3h,H3/3v,H3	3h,H4/3v,H4
123	Enzymcocktail kraakt biomassa	1510-07	5hv	5h,H10/6v,H13	5h,H10/6v,H17	4h,H7/5v,H14

124	Variaties op carbid	1510-08	4,5v	5v,H7	6v,H18	5v,H12
125	De kern van de aarde bevat 90% van al het zwavel op aarde	1510-09	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
126	Membraanloos water splitsen	1510-10	5hv	5v,H9	5v,H11	5v,H11
127	Biobased smartphone	1511-01	5,6v	6v,H11	6v,H19	6v,H18
128	Ijsklontjes	1511-02	3v, 4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
129	Koolzuur in beeld	1511-03	5v	5v,H7	6v,H18	5v,H12
130a	Magische kerstboom (versie 1)	1511-04a	3-6hv	3h,H1/3v,H1	3h,H1/3v,H1	3h,H1/3v,H1
130b	Magische kerstboom (versie 2)	1511-04b	4-6hv	4h,H4/4v,H4	4h,H4/4v,H5	4h,H5/4v,H4
131a	Shell geeft toe: niet goed opgelet (versie 1)	1511-05a	4hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/6v,H19	5h,H11/6v,H20
131b	Shell geeft toe: niet goed opgelet (versie 2)	1511-05b	5hv	4v,H5	5h,H14/6v,H18	5h,H11/5v,H20
131c	Shell geeft toe: niet goed opgelet (versie 3) Wat voorafging	1511-05c	4,5v	4v,H5	4v,H3	4v,H6
132	Wetenschappers transformeren CO2 in koolstofvezels	1511-06	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H7/3v,H7	3h,H4/3v,H4
133	CO2 is niet vies	1511-07	3,4hv	3h,H4/3v,H5	3h,H7/3v,H7	3h,H7/3v,H7
134	Groene stroom over	1511-08	5hv	5h,H7/5v,H9	5h,H11/6v,H16	5h,H11/5v,H15
135	Ijslandse CO2 recycler gaat de commerciële markt op	1511-09	4hv	4v,H3	4h,H3/4v,H3	4h,H7/4v,H7
136	MOF zift acetyleen	1511-10	5hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3	4h,H3/4v,H3
137a	Tagetesrassen testen op productie luteïne (versie 1)	1601-01a	3hv	3h,H7/3v,H7	3h,H6/3v,H6	3h,H1/3v,H1
137b	Tagetesrassen testen op productie luteïne (versie 2)	1601-01b	4hv	4h,H3/4v,H2	5h,H14/6v,H19	5h,H11/5v,H15
138	Nooit meer de geur van varkens	1601-02	3hv	3h,H1/3v,H1	3h,H1/3v,H1	3h,H2/3v,H2
139	Chloortransport op Betuweroute gestopt	1601-03	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H3/3v,H3	3h,H4/3v,H4
140	Koffiecupjes hebben prijs	1601-04	5hv, 6v	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H19	5h,H11/5v,H15
141	Drinkbaar water	1601-05	3hv	3h,H1/3v,H1	3h,H1/3v,H1	3h,H2/3v,H2

142a	Planeet volop peroxide (versie 1)	1601-06a	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H3/3v,H3	3h,H4/3v,H4
142b	Planeet volop peroxide (versie 2)	1601-06b	5v	5v,H7	6v,H18	5v,H12
142c	Planeet volop peroxide (versie 3)	1601-06c	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H4/4v,H5	4h,H5/4v,H4
143	Koester onze gascentrales	1601-07	5hv	5h,H11/6v,H14	4h,H3/4v,H3	4h,H7/4v,H7
144	Chloorvrij rood is niet lelijk	1601-08	5v	5v,H7	5v,H10	5v,H13
145	Kobalt reduceert CO2	1601-09	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
146a	Een lamp laten branden op zout water (versie 1)	1602-01a	5hv	5h,H7/5v,H9	5h,H11/6v,H16	5h,H9/6v,H17
146b	Een lamp laten branden op zout water (versie 2)	1602-01b	3-5hv	5h,H7/5v,H9	5h,H11/6v,H16	5h,H9/6v,H17
147	Kooldioxide gebonden in cement	1602-02	5v	5v,H9	6v,H19	5h,H11/5v,H15
148	Bliksemsnelle manier om mierenzuur te maken	1602-03	5v	6v,H14	6v,H16	6v,H15
149	Plastic flessendoppen omsmelten tot skateboards	1602-04	5hv, 6v	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H19	5h,H10/5v,H15
150	Waterzuivering kan nog klimaatvriendelijker	1602-05	5,6v	5v,H9	6v,H19	5v,H12
151	Aardolievrije PET-fles komt eraan	1602-06	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H15	5h,H11/5v,H15
152	Creatief met hout	1602-07	5v	6v,H11	5v,H10	5v,H15
153	OCI Nitrogen opent haventerminal	1602-08	5v	4v,H4	4v,H5	4v,H4
154	Weerbarstige stikstofoxides	1602-09	4hv	4h,H6/4v,H5	4h,H3/4v,H2	4h,H3/4v,H3
155	AkzoNobel werkt aan businesscase recyclingfabriek	1602-10	5v	6v,H14	5v,H14	5v,H15
156	Smartphone werkt week op brandstofcel	1602-11	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/6v,H16	5h,H9/6v,H17
157	Lancering studentenraket TU-Delft mislukt	1602-12	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
158	Lovejoy	1603-01	5,6v	5v,H7	6v,H18	5v,H12
159	Fruitbedrijf Stevensbeek gaat zelf drank stoken	1603-02	3,4hv	3h,H2/3v,H2 4h,H6/4v,H5	3h,H3/3v,H3	3h,H4/3v,H4

160	Grootste cellulose-ethanolfabriek	1603-03	4v, 5hv	4h,H2/4v,H1	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3
161	Eiwit maakt Stevia minder bitter	1603-04	6v	6v,H13	6v,H17	5v,H14
162	Eierdoos vangt CO2 weg uit fabrieksrook voor hergebruik	1603-05	3,4hv	3h,H3/3v,H4 4h,H6/4v,H5	3h,H7/3v,H7	3h,H8/3v,H8
163	Polymeer tegen kerosinebrand	1603-06	4hv	4h,H3/4v,H2	5h,H12/6v,H15	5h,H10/5v,H13
164a	Warmtebatterij voor opslag zonne-energie (versie 1)	1603-07a	3hv	3h,H4/3v,H5	3h,H7/3v,H7	3h,H5/3v,H5
164b	Warmtebatterij voor opslag zonne-energie (versie 2)	1603-07b	4hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/4v,H7	5h,H11/6v,H20
165	Silicium smelten voor energie-opslag	1603-08	4v	4v,H5	4v,H3	4v,H7
166	De schone schijn van volkswagen	1603-09	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3	4h,H7/4v,H7
167	Glycerol omgekat tot methanol	1603-10	5hv	5v,H8	5h,H9/5v,H14	4h,H7/4v,H6
168	COPS vervangt PT	1603-11	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H3/4v,H3	4h,H7/4v,H7
169	Magische stiften	1604-01	5hv	5h,H8/5v,H9	4h,H7/4v,H9	5h,H8/5v,H8
170	Periodiek systeem verwelkomt vier nieuwe elementen	1604-02	4hv	4h,H1/4v,H1	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
171	Gezocht: een atoomnaam die wat beter bekt dan ununtritium	1604-03	4hv	4h,H1/4v,H1	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
172	Van visnet naar bikini	1604-04	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H15	5h,H10/5v,H13
173	Onwel door dampen	1604-05	4hv	4h,H6/4v,H6	5h,H13/5v,H8	5h,H8/5v,H9
174	Kabelbacterie redt Grevelingenmeer	1604-06	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/5v,H11	5h,H9/5v,H11
175	Nooit meer poetsen	1604-07	5,6v	6v,H11	6v,H19	5h,H10/6v,H18
176	Metaalpoeder: de nieuwe brandstof?	1604-08	3hv,4hv	3h,H2/3v,H2 4h,H6/4v,H5	3h,H4/3v,H4	3h,H4/3v,H4
178	Warmte in kalk	1604-09	4hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/4v,H7	5h,H11/6v,H20
179	Nanodestillatie	1604-10	3hv	3h,H1/3v,H1	3h,H1/3v,H1	3h,H2/3v,H2
180	Carbidschieten	1604-11	4hv	4h,H2/4v,H1	4h,H5/4v,H4	4h,H1/4v,H1

181a	Slimme jongens: Neanderthalers maakten vuur met mangaanoxide (versie 1)	1605-01a	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4	3h,H5/3v,H5
181b	Slimme jongens: Neanderthalers maakten vuur met mangaanoxide (versie 2)	1605-01b	4hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/4v,H7	4h,H1/4v,H1
181c	Slimme jongens: Neanderthalers maakten vuur met mangaanoxide (versie 3)	1605-01c	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H8/4v,H1	4h,H1/4v,H1
182	Splijtingsproces thoriumreactor	1605-02	4hv	4h,H1/4v,H1	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
183a	Kassabon (versie 1)	1605-03a	3hv	3h,H1/3v,H1	3h,H2/3v,H2	3h,H1/3v,H1
183b	Kassabon (versie 2)	1605-03b	3hv	3h,H1/3v,H1	3h,H1/3v,H1	3h,H5/3v,H5
184	Accu met thermostaat	1605-04	4,5hv	4h,H3/4v,H2	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
185	Flesjes maken uit fructose	1605-05	5,6v	6v,H11	6v,H15	5v,H18
186	Extra supersterke vezel	1605-06	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H15	5h,H10/6v,H18
187	CO ₂ als ontsnappingskunstenaar	1605-07	5hv	5h,H7/5v,H6	4h,H7/5v,H9	5h,H8/5v,H9
188	Zijn synthetische vitamines net zo gezond als natuurlijke?	1605-08	5,6v	5v,H7	5v,H10	5v,H12
189	Nieuwe regels voor hydrocrackerkat	1605-09	5hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3	4h,H7/4h,H7
190	Pyrolysefabriek voor duurzame recycling autobanden	1605-10	5,6v	6v,H11	6v,H19	6v,H18
191	Kobaltkat tegen broeikasgas	1605-11	5v	4v,H5	4v,H7	4v,H7
192a	Zijdeachtige coating houdt aarbeiën langer vers zonder koeling (versie 1)	1609-01a	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H6/3v,H6	3h,H4/3v,H4
192b	Zijdeachtige coating houdt aarbeiën langer vers zonder koeling (versie 2)	1609-01b	6v	6v,H13	6v,H17	5v,H14
193	Peroxide voor de kleine man	1609-02	4,5hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/4v,H7	4h,H1/4v,H1
194	DSM levert materiaal voor smartwatch	1609-03	3hv	3h,H5/3v,H5	3h,H7/3v,H5	3h,H6/3v,H6
195	Lactide en aminozuren	1609-04	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H10/6v,H10	4h,H7/4v,H6
196	Bipolair membraan	1609-05	5,6v	5v,H9	6v,H16	5v,H11
197	Waterstofproductie krijgt boost	1609-06	5v	5v,H9	6v,H16	5v,H11
198	Creatief met DNA	1609-07	5hv	5h,H10/6v,H13	5h,H10/6v,H17	5h,H7/5v,H14

199	Mossellijm lapt wonden pijnsnel op	1609-08	5,6v	6v,H13	6v,H19	5v,H14
200	Staalproductie zonder CO ₂ -uitstoot	1609-09	3hv	3h,H5/3v,H6	3h,H3/3v,H5	3h,H6/3v,H6
201	Meer staal, minder CO ₂	1609-10	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/5v,H11	5h,H9/5v,H11
202	Recycling preparative HPLC	1609-11	5,6v	6v,H12	5v,H10	5v,H10
203a	Eigen brandstof met bionisch blaadje en zon (versie 1)	1610-01a	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H3/3v,H3	3h,H4/3v,H4
203b	Eigen brandstof met bionisch blaadje en zon (versie 2)	1610-01b	4hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/4v,H7	5h,H9/4v,H7
204	Anorganisch anti-aromatisch	1610-02	6v	5v,H7	6v,H18	5v,H12
205	Stap voor stap	1610-03	5,6v	5v,H7	6v,H18	5v,h12
206	Kat kent zijn alkanen	1610-04	5,6v	5v,H7	5v,H10	5v,H12
207	Wetenschappers produceren stroom uit zeewater met nieuwe methode	1610-05	3hv	3h,H3/3v,H4	3h,H3/3v,H3	3h,H4/3v,H4
208	Biodiesel uit magnetron	1610-06	5hv	5h,H11/4v,H3	5h,H11/5v,H14	4h,H7/4v,H6
209	Armband toont je promillage	1610-07	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/5v,H10	5h,H9/5v,H11
210	Deze tattooo waarschuwt je wanneer je dronken bent	1610-08	5v	5h,H8/5v,H9	6v,H16	5v,H11
211	Ammoniak als energieopslag	1610-09	5v	5v,H9	6v,H16	6v,H17
212	Minder NOx aan de uitlaat	1610-10	5hv	4h,H6/4v,H5	5h,H11/6v,H16	5h,H11/6v,H20
213	Scheidsrechter geeft kersttintje aan toss	1610-11	5,6v	5v,H7	6v,H18	5v,H12
214	Plant-E	1611-01	5v	5v,H9	6v,H16	6v,H17
215	Groene polyamides stap dichterbij	1611-02	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H14/6v,H19	5h,H11/5v,H15
216	Nieuwe bus stoot alleen water uit	1611-03	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/6v,H16	5h,H9/6v,H20
217	Zetmeel geeft PE-folie betere barrière-eigenschappen	1611-04	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H19	5h,H11/6v,H18
218	Folie van zetmeel en polyethyleen	1611-05	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H19	5h,H11/6v,H20
219	Jupiter bevriest eigen maan tijdens zonsverduistering	1611-06	3hv	3h,H1/3v,H1	3h,H1/3v,H1	3h,H1/3v,H1

220	Meer elektriciteit door koolstofdioxide	1611-07	5,6v	5v,H9	6v,H16	6v,H17
221	Metathese tegen plastic soap	1611-08	5v	5v,H8	5v,H10	4v,H6
222	Gemuteerde rups spint het kogelvrije vest van de toekomst	1611-09	6v	6v,H13	6v,H19	6v,H18
223	Maagzuur brandt niet, maar ontsteekt	1611-10	5hv	5h,H7/5v,H6	4h,H7/5v,H9	5h,H8/5v,H9
224	Generatie aangebakken	1611-11	5hv	5h,H9/5v,H8	5h,H12/5v,H10	4h,H7/4v,H6
225	Nederlander Feringa wint Nobelprijs voor scheikunde	1612-01	3hv	3h,H1/3v,H1	3h,H3/3v,H3	3h,H3/3v,H3
226	Nederlandse hoogleraar Ben Feringa krijgt Nobelprijs voor de chemie	1612-02	4hv	4h,H6/4v,H5	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
227	Nobelprijs 2016 chemie	1612-03	5,6v	5v,H7	6v,H19	5v,H12
228	Moleculaire motor I	1612-04	5,6v	5v,H7	6v,H19	5v,H12
229	Moleculaire motor II	1612-05	5,6v	5v,H7	6v,H19	5v,H12
230	Chiraal in de sterren geschreven	1701 -09	5,6v	5v,H7	5v,H10	5v,H12
231	Eerste jeansblauw is 6000 jaar oud	1701-01	5,6v	5v,H10	6v,H18	6v,H18
232a	Actie tegen koolmonoxide I	1701-02 I	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4	3h,H5/3v,H5
232b	Actie tegen koolmonoxide II	1701-02 II	5v	5v,H9	6v,H16	6v,H17
233	Productie van waterstof via elektrolyse	1701-03	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/6v,H16	5h,H9/6v,H20
234	Idyllisch meer is een tijdbom	1701-04	4hv	4h,H2/4v,H1	4h,H6/4v,H6	4h,H3/4v,H3
235	Membraan maakt benzeen van methaan	1701-05	5,6v	5v,H8	5v,H10	4v,H6
236	Bacterie vreet batterij op	1701-06	5hv	5h,H7/5v,H6	4h,H7/5v,H9	5h,H8/5v,H9
237	Power to liquids	1701-07	5hv	5h,H10	5h,H11/6v,H16	5h,H11/5v,H15
238	Self-healing aircraft wings	1701-08	5,6v	6v,H11	6v,H19	6v,H18
239	Energie uit koolstofdioxide	1701-10	5v	5v,H9	6v,H16	6v,H17
240	Struviet duurzame vervanger kunstmestfosfaat	1702-01	5hv	4h,H4/4v,H4	5h,H13/5v,H8	5h,H11/5v,H15

241	Eutectisch oplosmiddel vangt zware metalen	1702-02	5hv	4h,H5/4v,H3	4h,H6/4v,H6	4h,H4/4v,H3
242	Goedkoop recept voor aldehydes	1702-03	5,6v	5v,H8	5v,H10	4v,H6
243	Wetenschap maakt melkchocola net zo gezond als pure chocola	1702-04	4hv	4h,H3/4v,H2	5h,H10/5v,H10	5v,H12
244	Mobiele machine raffineert gras tot grondstof	1702-05	3hv	3h,H7/3v,H7	3h,H7/3v,H7	3h,H6/3v,H6
245a	CO ₂ veranderd in alcohol I	1702-06 I	3hv	3h,H3/3v,H4	3h,H3/3v,H3	3h,H4/3v,H4
245b	CO ₂ veranderd in alcohol II	1702-06 II	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/5v,H10	5h,H9/5v,H11
246	Wat was die groene gloed boven Engeland?	1702-07	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
247	Reactor van de toekomst vreet kernafval	1702-08	4,5hv	4h,H1/4v,H1	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
248	Investerings in chloorindustrie lopen gevaar	1702-09	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H14/6v,H19	5h,H9/5v,H11
249	Partij kiezen rond cellulose	1702-10	5hv	5h,H9/5v,H8	5h,H12/5v,H10	5h,H11/5v,H15
250	Recept voor amorfe siliciumanode	1702-11	4,5hv	4h,H3/4v,H2	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
251a	Stoppen we straks ijzer in de tank? I	1703-01 II	3hv	3h,H6/3v,H5	3h,H4/3v,H4	3h,H4/3v,H4
251b	Stoppen we straks ijzer in de tank? II	1703-01 II	4,5hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/4v,H7	4h,H1/4v,H7
252	Corbion en Total werken samen in bioplastic	1703-02	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H19	5h,H11/6v,H18
253	Milieuvriendelijkere autoband	1703-03	5v	6v,H11	6v,H15	5v,H13
254	Kooldioxide als grondstof voor plastic	1703-04 A	5,6v	6v,H11	6v,H15	5v,H13
255	PUR kan een stuk groener	1703-04 B	5,6v	5h,H11/6v,H14	5h,H14/6v,H19	5h,H11/5v,H15
256	Methaan pulsend vloeibaar maken	1703-05	5v	5v,H8	5v,H10	4v,H6
257a	Nieuwe flowbatterij I	1703-06 I	3hv	3h,H3/3v,H4	3h,H3/3v,H3	3h,H4/3v,H4
257b	Nieuwe flowbatterij II	1703-06 II	5h, 5,6v	5h,H8/5v,H9	5h,H11/6v,H16	5h,H9/5v,H11
258	Oude banden, gloednieuwe cabon black	1703-07	3hv	3h,H5/3v,H5	3h,H7/3v,H7	3h,H6/3v,H6
259a	Methaan legt koolstofdioxide vast I	1703-08 A	5hv	4h,H6/4v,H6	5h,H9/5v,H8	4h,H1/4v,H7

259b	Methaan legt koolstofdioxide vast II	1703-08 A	5hv	4h,H6/4v,H6	5h,H9/4v,H7	4h,H1/4v,H7
260	Methaan valoriseert koolstofdioxide	1703-08 B	5hv	4h,H6/4v,H6	5h,H9/5v,H10	4h,H6/4v,H6
261	Recep-t voor veilige rookgranaat	1703-09	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/6v,H19	5h,H9/5v,H11
262	Nanoraket met rem	1704-01	5,6v	5v,H10	6v,H15	5v,H13
263	Elektriciteitsopslag en waterstofproductie ineen	1704-02	5,6hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/6v,H16	5h,H9/5v,H11
264	Grote vaart vanaf 2020 op zwavelarme brandstof	1704-03	3hv	3h,H4/3v,H5	3h,H4/3v,H4	3h,H4/3v,H4
265	Reststroom van kerstbomen gebruiken voor duurzaam plastic	1704-04	5,6v	6v,H12	5v,H10	5v,H12
266	Anorganisch Zwitsers zakmes zuivert water	1704-05	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H4/4v,H6	4h,H5/4v,H4
267	Tegengif tegen kolendamp	1704-06	4hv	4h,H6/4v,H6	5h,H13/5v,H8	4h,H7/4v,H7
268	Zelfhelend kunstbot van nanodeeltjes	1704-07	5hv	5h,H9/6v,H11	4h,H6/4v,H6	4h,H4/4v,H3
269	Organici maken aminozuren van koolstofdioxide	1704-08	5,6v	5v,H7	6v,H18	5v,H12
270	Kristal zuigt koolstofdioxide	1704-09	4,5hv	4h,H3/4v,H2	4h,H2/4v,H6	4h,H7/4v,H6
271	Biocorrosie bedreigt wasmachine	1704-10	4hv	4h,H3/4v,H2	5h,H11/5v,H11	5h,H9/5v,H11
272	Helium doet het met natrium	1705-01	6v	5v,H7	6v,H18	5v,H12
273	Eindelijk bestaat het: metaalwaterstof	1705-02	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
274	Bovengrondse goudmijn: je oude mobieltje recyclen	1705-03	3hv	3h,H5/3v,H6	3h,H7/3v,H7	3h,H6/3v,H6
275	Spier' van textiel	1705-04	5,6v	6v,H11	6v,H18	5v,H12
276	Bioplastic oogst grote doorbraak	1705-05	3hv	3h,H5/3v,H5	3h,H7/3v,H7	3h,H8/3v,H8
277	Duitse tieners in tuinhuisje dood door koolmooxide	1705-06	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4	3h,H4/3v,H4
278	Buitenaards gevoelige capillaire elektroforese	1705-07	5,6v	6v,H13	5v,H10	5v,H12
279	Rijden op whiskyafval	1705-08	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/5v,H10	4h,H7/4v,H7

280	Deze nanoballen maken kunstmest overbodig	1705-09	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H4/4v,H5	4h,H5/4v,H4
281	Sensor ruikt griep	1705-10	5hv	5h,H10/6v,H13	5h,H10/5v,H10	4h,H7/4v,H6
282	Vijftig jaar melamine	1705-11	5hv	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H15	5h,H10/5v,H13
283	Kalkaanslag vangt zware metalen	1705-12	5hv	4h,H8/5v,H9	4h,H7/5v,H9	5h,H8/5v,H9
284	Vlamvertragers houden vuur in bedwang	1705-13	5v	6v,H11	6v,H19	6v,H18
285a	Rupsje nooit genoeg plastic	1709-01A	4,5h 4-6v	4h,H5/4v,H3 6v,H12	5h,H12/5v,H10	5h,H11/6v,H18
285b	Plastic-etende rups	1709-01B	5v	5v,H8	5v,H10	5v,H15
286	Brandweer rukt uit voor melding van lekkage bij Akzo-Nobel	1709-02	4,5hv	4h,H5/4v,H3	5h,H14/5v,H14	5h,H11/5v,H15
287	Salpeterzuur op de boerderij	1709-03	5hv	5h,H7/5v,H6	4h,H7/5v,H9	5h,H8/5v,H9
288	Kun je koffie gebruiken als brandstof?	1709-04	5hv, 6v	5h,H11/6v,H14	5h,H14/5v,H14	5h,H11/5v,H15
289	Schimmel maakt melkzuur	1709-05	5v	6v,H11	6v,H19	5v,H13
290	Smeulende vrachtwagen met hooi	1709-06	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4	3h,H4/3v,H4
291	Geur van regen	1709-07	5,6v	6v,H12	6v,H18	5v,H12
292	Ammoniakproductie bij lage temperatuur	1709-08	5hv	5h,H11/6v,H14	5h,H14/6v,H19	5h,H11/5v,H15
293	Fluorverbindingen betraapt	1709-09	5v	5v,H8	5v,H10	5v,H12
294	Kalk wint kalk terug	1709-10	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H4/4v,H6	4h,H5/4v,H4
295	AFM boogiewoogie	1709-11	5v	6v,H11	6v,H18	5v,H13
296	Amsterdams biotechbedrijf bouwt demonstratiefabriek voor vetzuren	1710-01	5hv, 6v	5h,H11/6v,H14	5h,H14/6v,H19	5h,H11/5v,H15
297a	Carbidschieten kost geen klap (versie I)	1710-02A	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H3/3v,H3	3h,H4/3v,H4
297b	Carbidschieten kost geen klap (versie II)	1710-02B	4hv	4h,H6/4v,H5	4h,H3/4v,H3	4h,H3/4v,H3
298	Hoe kometen zuurstof vormen	1710-03	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
299a	Nederlandse sloten opvallend goed in onschadelijk maken meststoffen (versie I)	1710-04	4hv	4h,H4/4v,H4	4h,H4/4v,H5	4h,H5/4v,H4
299b	Nederlandse sloten opvallend goed in onschadelijk maken meststoffen (versie II)	1710-04	5,6v	5v,H9	5v,H11	5v,H11

300	Basisch bad voor biomethaan	1710-05	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
301	Koolstofdioxide-uitstoot door mensen	1710-06	4hv	4h,H2/4v,H1	4h,H5/4v,H3	4h,H1/4v,H7
302	Covestro wint belangrijke chemische basisstof uit biomassa	1710-07	4,5hv, 5,6v	4v,H3	5h,H14/6v,H18	5h,H11/5v,H15
303	Voltachem schaaft duurzame productie mierenzuur op	1710-08	5hv	5h,H11/6v,H14	5h,H14/6v,H16	5h,H11/5v,H15
304	Vogels verdwijnen van de Veluwe	1710-09	5hv	5h,H7/5v,H6	4h,H7/5v,H9	5h,H8/5v,H9
305	Water maakt methanol van methaan	1710-10	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
306	Zo veel meer dan antiaanbaklaag	1710-11	5v	6v,H11	6v,H15	6v,H18
307	Nanoraket onploft in tumor	1711-01	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/5v,H11	5h,H9/5v,H11
308	Een tank vol luiers	1711-02	3hv	3h,H5/3v,H5	3h,H7/3v,H5	3h,H6/3v,H6
309	Waarom hydrogelballetjes stuiten in een pan	1711-03	5hv, 6v	5h,H9/6v,H11	5h,H12/5v,H19	5h,H10/6v,H18
310	Gasbrander	1711-04	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3	4h,H7/4v,H7
311	CO ₂ in de glastuinbouw	1711-05	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3	4h,H7/4v,H7
312	Cyclodextrine vangt C8	1711-06	5,6v	6v,H11	6v,H19	6v,H18
313	Energie uit de muur	1711-07	4hv	4h,H6/4v,H6	5h,H9/4v,H7	4h, H1/4v,H1
314	Barnsteen blijkt fosfor (versie 1)	1711-08	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H4	3h,H4/3v,H5
315	Barnsteen blijkt fosfor (versie 2)	1711-08	4hv	4h,H6/4v,H6	5h,H9/4v,H7	4h,H1/4v,H1
316	Zelfvoorzienend H ₂ -schip start wereldreis	1711-09A	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H4	3h,H4/3v,H5
317	In Duitsland moet waterstof dé nieuwe brandstof worden	1711-09B	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H4	3h,H4/3v,H5
318	Hoppende protonen	1711-10	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
319	Duizend liter bakolie in brand bij Aviko	1801-01	3hv	3h,H2/3v, H2	3h, H2/3v, H4	3h, H4/3v, H5
320	Je eigen formaldehyde	1801-02	5v	5v, H10	5v, H10	5v, H12
321	Het was pionieren	1801-03	5hv	5h, H10/5v, H14	5h, H10/6v, H 17	5h, H7/5v, H14
322	PLA van gecertificeerd suikerriet	1801-04	5hv	5h, H9/6v, H11	5h, H12/6v, H15	5h, H10/5v, H13

323	Goudvissen makewn zelf alcohol aan om te overleven ijn ijsmeren	1801-05	5,6v	5v H7	5v, H12	6v, H16
324	Water haalt de smaak van je whisky op	1801-06	4hv	4h, H3/4v, H2	4h, H6/4v, H6	4h, H4/4v, H3
325	Kunstenaar maakt water met water	1801-07	3hv	3h,H1/3v,H1	3h,H1/3v,H1	3h,H2/3v,H1
326	Een chip vol ionensensoren	1801-08	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
327	Groene CO ₂ bij BioMCN	1801-09	5hv	5h,H11/6v,H14	5h,H14/5v,H14	5h,H11/6v,H20
328	Suikers, het nieuwe zwarte goud	1801-10	5h/5,6v	5h,H11/6v,H14	5h,H14/5v,H14	5h,H11/6v,H20
329	Ook KNSB maakt medailles van mobieltjes	1802-01	3hv	3h,H5/3v,H6	3h,H7/3v,H5	3h,H7/3v,H7
330	Groen gassen 1	1802-02I	3hv	3h,H4/3v,H5	3h,H4/3v,H4	3h,H5/3v,H5
331	Groen gassen 2	1802-02II	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3	4h,H7/4v,H7
332	Groen gassen 3	1802-02III	5hv	5h,H11/6v,H14	5h,H11/5v,H14	5h,H9/5v,H11
333	Er zit leven in de oersoep (versie 1)	1802-03	3,4hv	3h,H6/3v,H5 4h,H5/4v,H3	3h,H6/3v,H6 4h,H2/4v,H3	3h,H4/3v,H4 4h,H7/4v,H6
334	Er zit leven in de oersoep (versie 2)	1802-03	5h	5h,H10	5h,H10	5h,H7
335	Er zit leven in de oersoep (versie 3)	1802-03	5,6v	6v,H13	6v,H17	6v,H19
336	A new way to harness wasted methane	1802-04	5v	4v,H3	4v,H3	4v,H7
337	Mild proces om een gewoon mineraal om te zetten in kunstmest	1802-05	4hv	4h,H4/4v,H4	4h,H4/4v,H5	4h,H5/4v,H4
338	Je plastic flesje kan binnenkort van suiker zijn (versie 1)	1802-06	5,6v	6v,H11	6v,H15	6v,H18
339	Je plastic flesje kan binnenkort van suiker zijn (versie 2)	1802-06	5h	5h,H9	5h,H12	5h,H10
340	Stallucht wassen geeft geen milieuwinst	1802-07	5v	5v,H6	5v,H9	5v,H9
341	Onderzoeker TU Delft tovert lucht om in alcohol	1802-08	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
342	Organisch zuur lost boom op	1802-09	4v	4v,H3	4v,H3	4v,H6

343	De kracht van ammoniak	1802-10	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3	5h,H9/4v,H7
344	Hoogoven voor tonerpoeder I	1803-01I	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4
345	Hoogoven voor tonerpoeder II	1803-01II	4hv	4h,H2/4v,H1	4h,H5/4v,H4	4h,H3/4v,H3
346	Waarom maakt water papier zo zwak?	1803-02	4,5hv	4h,H3/4v,H2	4h,H6/4v,H6	4h,H4/4v,H3
347	Gesmolten metaal kraakt methaan	1803-03	4hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/4v,H7	5h,H9/4v,H7
348	Recycling broomhoudend piepschuim	1803-04	5,6v	6v,H11	6v,H15	6v,H18
349	G-Star verft spijkerbroeken	1803-05	4,5hv	5h,H11/6v,H14	5h,H14/6v,H19	5h,H11/6v,H20
350	Zo worden spiegels gemaakt	1803-06	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
351	Koper kleurde Egyptisch schrift	1803-07	4hv	4h,H4/4v,H4	4h,H4/4v,H5	4h,H5/4v,H4
352	Deze vlieg kan duiken zonder nat te worden	1803-08	4,5hv	5h,H7/5v,H6	4h,H7/5v,H9	5h,H8/5v,H9
353	Fosfaattekort intensief bedrijf	1803-09	5hv	5h,H7/5v,H6	4h,H7/5v,H9	5h,H8/5v,H9
354	Kleine hoeveelheden ruthenium in de lucht	1803-10	4hv	4h,H1/4v,H1	4h,H2/4v,H2	4h,H2/4v,H2
355	Zonlicht ontzilt water	1803-11	4,5hv	5h,H7/5v,H6	4h,H7/5v,H9	5h,H8/5v,H8
356	Beregenen bij vorst	1803-12	3hv	3h,H3/3v,H4	3h,H4/3v,H4	3h,H5/3v,H5
357	Biogas	1804-01	4v	4h,H5/4v,H3	4h,H3/5v,H14	4h,H7/4v,H7
358	Yoghurtafval wordt vliegtuigbrandstof	1804-02	5,6v			
359	Zelf Herstellend glas binnen handbereik I	1804-03I	5h	5h,H11	5h,H12	5h,H10
360	Zelf Herstellend glas binnen handbereik II	1804-03II	5,6v	6v,H11	6v,H19	6v,H18
361	Studie naar waterstof	1804-04	4hv	5h,H11	4h,H3/5v,H14	5h,H9/4v,H7
362	BOBwijn	1804-05	3hv	3h,H1/3v,H1	3h,H1/3v,H1	3h,H2/3v,H2
363	Rioolzuiveringsinstallatie in puin na explosie methaangas in VS	1804-06	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4

364	Nieuw systeem zet broeikasgas om in brandstof	1804-07	5,6v	6v,H14	6v,H16	6v,H20
365	Dankzij deze korrels blijven groente en fruit 2,5 keer langer vers	1804-08	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/5v,H11	5h,H9/5v,H11
366	Coli valoriseert koolstofdioxide	1804-09	5hv	4h,H6/4v,H6	5h,H9/5v,H8	5h,H9/4v,H7
367	Kameleonprint door nieuwe techniek II	1805-01 II	5,6v	6v,H11	6v,H19	6v,H18
368	Kameleonprint door nieuwe techniek I	1805-01 I	5h	5h,H9	5h,H12	5h,H10
369	Persoonlijke voeding als motor voor succes in de sport	1805-02	3hv	3h,H6/3v,H1	3h,H6/3v,H6	3h,H1/3v,H1
370	Alternatief voor vancomycine	1805-03	6v	6v,H13	6v,H17	6v,H19
371	Waterstof als alternatief voor Gronings gas	1805-04	3hv	3h,H4/3v,H5	3h,H4/3v,H4	3h,H5/3v,H5
372	Injectie voorziet bloed van zuurstof	1805-05	4,5v	4v,H2	4v,H6	4v,H3
373	Injectie tegen hiv werkt maand	1805-06	5v	6v,H11	6v,H15	6v,H18
374	Chemisch hardhout	1805-07	6v	6v,H13	6v,H17	6v,H19
375	Recept voor groene spijkerbroek	1805-08	5,6v	6v,H14	6v,H19	6v,H18
376	Duitse kogel van silicium verkocht aan Taiwan I	1805-09 I	4h	4h,H3	4h,H2	4h,H3
377	Duitse kogel van silicium verkocht aan Taiwan II	1805-09 II	4v	4v,H2	4v,H6	4v,H2
378	Benzonitril uit de ruimte	1805-10	5,6v	6v,H12	5v,H13	5v,H10
379	FDCA-race naar de markt	1805-11	5,6v	6v,H14	6v,H19	6v,H18
380	Hydrozine	1805-12	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/5v,H14	5h,H9/5v,H11

381	Lubrizol onderzoekt elektrolyse reststroom zoutzuur	1805-13	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/5v,H11	5h,H9/5v,H11
382	Zomerweer: zeevonk zorgt voor magische taferelen I	1809-01I	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4
383	Zomerweer: zeevonk zorgt voor magische taferelen II	1809-01II	5,6v	6v,H13	6v,H17	6v,H19
384	Net zolang kauwgom blijven kauwen tot je een schoenzool hebt	1809-02I	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4
385	Net zolang kauwgom blijven kauwen tot je een schoenzool hebt	1809-02II	5h; 5,6v	5h,H9/56v,H11	5h,H12/6v,H15	5h,H10/6v,H18
386	Fabriek gaat afval omzetten in methanol	1809-03	5(h)v	5h,H11/4v,H3	5h,H14/5v,H14	5h,H11/6v,H15
387	Van het gas af met de NAM	1809-04I	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4
388	Van het gas af met de NAM	1809-04II	4hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/4v,H7	5h,H9/4v,H7
389	Een snufje zout uit kilo's magneet	1809-05	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
390	De weg van ammoniumnitraat	1809-06	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/5v,H11	5h,H11/5v,H11
391	Etheen elektrificatie	1809-07	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/5v,H11	5h,H11/5v,H11
392	Nieuw plastic helemaal recyclebaar	1809-08	5h; 5,6v	5h,H9/6v,H11	5h,H12/6v,H19	5h,H10/6v,H18
393	Groene waterstof als brandstof	1809-09	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
394	Kraken tot in perfectie	1809-10	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3	4h,H7/4v,H7
395	Weidegang voor vergeten melkkoe	1809-11	6v	6v,H14	6v,H14	6v,H20
396	Nanopalladium maakt ammoniak	1809-12	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
397	100 jaar zoutwinning in Twente	1810-01	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
398	Gaat de natuur ons een handje helpen om plastic afval op te ruimen?	1810-02	5,6v	6v,H13	6v,H17	6v,H19
399	Dieselboemeltjes worden vervangen door schone treinen op waterstof	1810-03	5v	5v,H9	6v,H16	6v,H17
400	Tempo maken met elektrochemie	1810-04	5v	5v,H9	6v,H16	6v,H17
401	Zweedse straaljager gooit bom op brand	1810-05	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4	3h,H5/3v,H5

402	Vattenfall start met aanleg van fossielvrije staalfabriek-I	1810-06I	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4
403	Vattenfall start met aanleg van fossielvrije staalfabriek-II	1810-06II	5hv	5h,H11/6v,H14	5h,H14/5v,H14	5h,H11/6v,H15
404	Pleister meet stress	1810-07	5,6v	5h,H9/6v,H11	5h,H12/5v,H19	5h,H10/6v,H18
405	Broeikasgas wordt voedingssuplement	1810-08	5,6v	5h,H10/6v,H13	5h,H10/6v,H17	4h,H7/6v,H19
406	Kalk wordt perovskiet	1810-09	4v	4v,H4	4h,H4	4v,H4
407	Waterstof maakt opgang	1810-10	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
408	Eerste sla uit voedselprinter	1811-01	5,6v	6v, H14	6v,H17	6v,H19
409	Nafta I	1811-02 I	3hv	3h,H4/3v,H5	3h,H4/3v,H4	3h,H8/3v,H8
410	Nafta II	1811-02 II	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H3	4h,H7/4v,H6
411	Nieuwe methode om PEF te maken	1811-03	5,6v	6v,H12	6v,H15	6v,H18
412	Wonderproduct uit de grond	1811-04	4hv	4h,H4/4v,H4	4h,H4/4v,H5	4h,H5/4v,H4
413	Plastic produceert methaan	1811-05	4-6hv	5h,H9/6v,H12	5h,H11/5v,H14	5h,H11/5h,H14
414	Uraan uit de oceanen	1811-06	5,6v	5h,H9/5v,H10	5h,H12/6v,H15	4v,H7/5v,H13
415	Vuur maken versie 1	1811-07	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4	3h,H5/3v,H5
416	Vuur maken versie 2	1811-07	4hv	4h,H6/4v,H5	4h,H3/4v,H7	5h,H9/5v,H7
417	Giftige gassen na inkuilen mais	1811-08	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4
418	Groen ammoniak	1811-09	5,6v	6v,H15	5v, H15	5v,H15
419	Lego zegt plastic vaarwel	1901-01	5,6hv	6v,H15	5v, H15	5v,H15
420	Cumapol bouwt pilotplant voor chemische PET-recycling (versie I)	1901-02II	5v	6v,H12	6v,H15	6v,H18
421	Cumapol bouwt pilotplant voor chemische PET-recycling (versie II)	1901-02II	5v	6v,H12	6v,H15	6v,H18

422	Chemistry of Venus flytraps	1901-03	6v	5v,H8	5v,H10	5v, H12
423	Tanken we binnenkort gerycled plastic? (versie 1)	1901-04	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4
424	Tanken we binnenkort gerycled plastic? (versie 2)	1901-04	5,6v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
425	Wat is mierenzuur - het geloosde drugsafval?	1901-05	6v	6v,H15	5v, H15	5v, H15
426	Kunnen suikermoleculen de bedreigde ozonlaag redden?	1901-06	5,6v	6v, H12	6v,H15	6v,H18
427	Ketchup-afstotend plastic	1901-07	5hv	4h,H3/5v,H8	4h,H6/4v,H6	4h,H5/4v,H3
428	Voorbeeld van industriële symbiose	1901-08	4hv	4h,H5/4v,H3	4h,H3/4v,H7	5h,H9/4v,H7
429	Witte tornado breekt afvalstoffen af	1901-09	5v	5v,H8	5v,H11	5v,H11
430	Zink-zuurstofbatterij voor Afrika	1902-01	5hv	5h,H8/5v,H9	5h,H11/5v,H11	5h,H9/5v,H11
431	Accu's van PLA	1902-02	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
432	Mummificeren in het oude Egypte I	1902-03I	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4
433	Mummificeren in het oude Egypte II	1902-03II	4hv	4h,H4/4v,H4	4h,H4/4v,H5	4h,H5/4v,H4
434	Polymeer haalt CO ₂ uit lucht	1902-04	5,6v	6v,H12	6v,H15	6v,H18
435	Ijzer als opslagmedium duurzane energie versie 1	1902-05I	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4
436	Ijzer als opslagmedium duurzane energie versie 2	1902-05II	4,5hv	4h,H6/4v,H5	5h,H9/4v,H7	5h,H9/4v,H7
437	Simpel 3D-printen met metaal	1902-06	4v	4v,H2	4v,H5	4v,H4
438	Een korte geschiedenis van bier	1902-07	3hv	3h,H2/3v,H2	3h,H2/3v,H2	3h,H4/3v,H4
439	Betonrot	1902-08	5v	5v,H9	5v,H11	5v,H11
439	PLA uit wei dichtbij	1902-09	5hv	5h,H9/6v,H12	5h,H12/6v,H15	5h,H10/6v,H18
440	Nederlandse startup NUUD revolutie in deodorantwereld	1902-10	4hv	4h,H3/4v,H2	4h,H2/4v,H6	4h,H4/4v,H3

[illegible]

[illegible]

Subdomein	Vaardigheid	Specificaties
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, organische reacties
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen
Chemisch rekenen	Informatie	Percentages
Vakmethodes en veiligheid	Informatie	Gaschromatografie, massaspectrometrie
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel
Processen en reacties	Informatie	Energiebalans, stofkringloop
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, elementkringloop
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel
Duurzaamheid	Informatie	Uitspraken duurzaamheid (waarderen en becommentariëren)
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules
Processen en reacties	Informatie	Reactievergelijkingen
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Bindingen en uv-licht, micro-macro
Processen en reacties	Informatie	Elektrochemische cel
Energie	Informatie	Exotherm, reactiewarmte, energiediagram, K_a
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties, werking enzym
Energie	Informatie	Energiediagram, endotherm, duurzaamheid
Processen en reacties	Informatie	Zuur-base, organische reacties
Processen en reacties	Informatie, Onderzoeken	Polycondensatie, Practicum
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen, toepassing zout
Energie	Rekenen	Energiebehoud, Brandstoffen en duurzaamheid
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten

Behoudswetten en kringlopen	Redeneren mbt tot duurzaamheid	Stofkringloop, elementkringloop
Processen en reacties	Informatie	Analoge reacties ahv gegeven reactie beschrijven, organische reacties
Ontwerpen	-	Programma van eisen
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties, verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, beginstoffen/reactieproducten
Vaardigheden	Chemische processen	Natuurwetenschappelijk instrumentarium
Chemische processen	Informatie	Elektrolyse
Chemisch rekenen	Informatie	Bekende chemische berekeningen
Vaardigheden	Chemie van het leven	Informatie en communiceren
Processen en reacties	Onderzoeken	Hydrolyse
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Stofeigenschappen, oplosbaarheid, allerlei mengsels
Processen en reacties	Informatie	Reactievergelijkingen, elementbehoud
Processen en reacties	Informatie	Redoxreactie, brandstofcel, verbrandingen
Processen en reacties	Onderzoeken	Chemische kennis in voedselproductie
Bindingen, structuren en eigenschappen	Communiceren	micro-macro structuur
Behoudswetten en kringlopen	Informatie	Stofkringloop, elementkringloop
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Batterijen, elektrochemische cel, redoxreacties

Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Micro-macro, oplosbaarheid, hydrofiel, hydrofoob
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Macro-micro, biodegradeerbaarheid, polymeren, innovatieve processen
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, stofkringloop, elementkringloop, energiebalans
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, polymeren
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, polycondensatie
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; organische reacties
Industriële processen en Groene Chemie	Natuurwetensch instrumentarium	Blokschema, structuren, video proces
Industriële processen en Groene Chemie	Natuurwetensch instrumentarium	Blokschema, structuren, video proces
Processen en reacties	Informatie	Zuur-base; redox
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Oplossen, hydrofiel, toepassing zout
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Elektrochemische cel
Processen en reacties	Informatie	Verbranding; beginstoffen en reactieproducten
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; redoxreacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; redoxreacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Deeltjesmodellen	Informatie	Organische naamgeving en structuurformules
Processen en reacties	Informatie	batterijen, redoxreactie, halfreactie
Processen en reacties	Informatie	Brandstofcel, redoxreacties

Chemie van het leven	Informatie	Structuur van eiwitten
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; zuur-base reacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Organische naamgeving en structuurformules; structuurisomerie
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules; structuurisomerie
Deeltjesmodellen	Modelvorming	Organische naamgeving en structuurformules
Deeltjesmodellen, Chemisch rekenen; Energie	Informatie	Atoommodel; Bekende chemische berekeningen; Exotherm/endotherm
Deeltjesmodellen	Informatie	Organische naamgeving en structuurformules
Bindingen, structuren en eigenschappen	Onderzoeken	Hydrofiel, hydrofoob
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; polyadditie
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; reactievergelijkingen, massabehoud
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Toepassing zout; oplosbaarheid zout
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Vakmethodes en veiligheid; Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Gaschromatografie, kennis van risico's, waarborging kwaliteit water en lucht
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen; mengsels; oplosbaarheid

Processen en reacties	Informatie	Zuurbase; verbrandingen; beginstoffen en reactieproducten
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen; bouw stof
Processen en reacties	Informatie	Batterijen/brandstofcel; milieu; verbrandingen
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel
Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties	Informatie	Oplosbaarheid, geleidingsvermogen, analoge reactie ahv gegeven reactie; ruimtelijke structuur
Duurzaamheid	Informatie	Uitspraken duurzaamheid (waarderen en becommentariëren)
Processen en reacties	Informatie	Redox
Vaardigheden	Natuurwetensch. instrumentarium	Informatie selecteren, analyseren en structureren
Vaardigheden	Natuurwetensch. instrumentarium	Informatie selecteren, analyseren en structureren
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Roosters en bindingen
Processen en reacties	Informatie	Polycondensatie
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; organische reacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel
Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties	Informatie	Micro-, meso en macroniveau, polymerisatiereacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel, namen, Lewisstructuur
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten, verbrandingen
Vakmethodes en veiligheid	Informatie	Gaschromatografie, zuurbaseindicatoren
Processen en reacties; Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Elektrolyse, rendement, ontwikkeling nieuw proces

Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten, verbrandingen, redox
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Biodiesel, biomassa, duurzaamheid, cradle-to-cradle
Atoommodellen; Processen en reacties	Informatie	Isotopen, verbrandingsreacties
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Microniveau, bouw molecuul
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, redoxreacties
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie, Onderzoeken	Groepen en reactiviteit, Relatie met onderzoek
Deeltjesmodellen; Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Atoommodel; Relatie met onderzoek
Deeltjesmodellen	Informatie	Organische naamgeving en structuurformules; structuurisomerie
Deeltjesmodellen	Informatie	Organische naamgeving en structuurformules; structuurisomerie
Deeltjesmodellen	Natuurwetensch. instrumentarium	Organische naamgeving en structuurformules; structuurisomerie
Processen reacties; Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Organische reacties, Stereo-isomerie
Vaardigheden	Bindingen, structuren en eigenschappen	Onderzoeken
Bindingen, structuren en eigenschappen	Communiceren	Stofeigenschappen, hydrofiel
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Roosters en bindingen
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie; Onderzoek	Structuren van eiwitten
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie; Onderzoek	Procesverbetering, duurzaamheid, rendement

Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stereo-isomerie
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Composiet
Vaardigheden	Onderzoeken	Verwerken resultaat, conclusie
Processen en reacties	Informatie	Polymeren
Bindingen, structuren en eigenschappen; Reactiekinetiek	Informatie	Stofeigenschappen
Industriële processen en Groene chemie; Processen en reacties	Informatie	Processen en duurzaamheid
Reactiekinetiek	Informatie	Reactiemechanisme
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Stoffen en reacties	Informatie	Redox
Deeltjesmodellen	Informatie	Elementbegrip
Processen en reacties	Informatie	Estervorming
Vaardigheden	Onderzoeken	Onderzoeksvraag; Werkplan
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Oplosbaarheid; Hydrofiel en hydrofoob
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Oplosbaarheid; Hydrofiel en hydrofoob
Chemisch rekenen	Informatie	Bekende chemische berekeningen
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Composiet, vervormbaarheid, crosslink
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Bindingen, structuur en eigenschappen	Informatie	Bindingen
Processen en reacties	Informatie	Zouten, zuur-base reacties, redoxreacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Elektronenstructuur, valentie-elektronen
Chemische processen	Informatie	Redox, neerslagreacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Biochemie

Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules, Lewisstructuren, octetregel
Deeltjesmodellen, bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie; Onderzoek	Stofeigenschappen, relatie met onderzoek
Processen en reacties	Informatie	Elektrolyse
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, polymerisaties
Deeltjesmodellen	Informatie	Micro en macro
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Lewisstructuur, bindingstype
Onderzoeken	Processen en reacties	Onderzoeksvraag; Werkplan; Conclusie
Processen en reacties	Onderzoeken	Oplossen, kristalliseren
Industriële processen	Informatie	Veiligheid proces, productie, reactiekinetiek
Industriële processen	Informatie	Veiligheid proces, productie, reactiekinetiek
Chemische processen	Informatie	Organische chemie
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Chemische processen	Informatie	Koolstofdioxidekringloop
Chemische processen	Informatie	Organische reacties
Energie	Redeneren mbt tot duurzaamheid	Brandstoffen, duurzaamheid, elektrische energie, emissies
Chemische processen	Informatie	Organische chemie
Industriële processen	Onderzoeken	Probleem herkennen, onderzoeksvraag, hydrofiel, hydrofoob, blokschema
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Onderzoeksvraag, hydrofiel, hydrofoob
Stoffen en materialen	Informatie	Scheidingsmethoden
Processen en reacties	Informatie	Elektrolyse
Processen en reacties	Onderzoeken	Hydrolyse
Stoffen en materialen	Informatie	Scheidingsmethoden

Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen; beginstoffen-reactieproducten
Energie	Informatie	Energiediagram, activeringsenergie, elektronenformules
Bindingen, structuur en eigenschappen	Informatie	Ionrooster, verhoudingsformules
Energie, duurzaamheid	Informatie	Energie-omzettingen, duurzaamheid,
Deeltjesmodellen	Informatie	Verhoudingsformules, structuurformules
Processen en reacties	Informatie	Redox
Processen en reacties	Informatie	Elektrochemische cel, batterij
Onderzoeken, ontwerpen	Processen en reacties	Onderzoeksplan, werkplan, informatie geven
Chemische processen	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten, zuurbase, redox
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Atoomeconomie, E-factor, ΔE , duurzame brandstoffen
Bindingen, structuur en eigenschappen	Informatie	Bouw stof en vervormbaarheid
Chemische processen	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Chemische processen	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Chemische processen	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Chemische processen	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Bindingen, structuur en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen, bindingen, covalentie
Chemische processen	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Brandstofcel; redox
Reacties	Informatie	Redox; Energie
Atoombouw	Informatie	Lewisstructuur
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten

Processen en reacties, Chemisch rekenen	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten, Molberekening
Chemie van het leven, Deeltjesmodellen	Informatie	Structuur van koolhydraten, Organische naamgeving en structuurformules
Processen en reacties	Informatie	Brandstoffen, duurzaamheid, elektrische energie, emissies
Stoffen en reacties	Informatie	Brandstoffen, duurzaamheid, elektrische energie, emissies
Energie	Informatie	Endotherm, kringloop
Energie	Informatie	Energiediagram. Kringloop
Energie	Informatie	Energiediagram, energieberekening, duurzaamheid
Processen en reacties	Informatie	Brandstoffen
Stoffen en reacties	Informatie	Organische reactievergelijkingen
Stoffen en reacties	Informatie	Brandstoffen
Onderzoeken	Processen en reacties	Conclusies, evalueren
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoombouw
Deeltjesmodellen	Informatie	Periodiek systeem, elektrovalentie, isotopen
Processen en reacties	Informatie	Polymeren
Processen en reacties	Informatie	Evenwichten, zuren en basen
Processen en reacties	Informatie	Redox
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie, Onderzoeken	Thermoharder, netwerkpolymeer, copolymeer
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, beginstoffen-reactieproducten, recycling
Energie	Informatie	Energiediagram, vormingswarmte, reactiewarmte, energieverlies
Processen en reacties	Informatie	Destillatie
Processen en reacties	Informatie	Verbranding

Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Energie, deeltjesmodellen	Informatie	Energiediagram, formuletaal
Onderzoeken	Processen en reacties	Onderzoeksvraag, werkplan
Processen en reacties	Informatie	Atoombouw
Onderzoeken	Energie	Onderzoeksvraag, hypothese, werkplan, conclusie
Energie	Informatie	Endotherm, exotherm
Binding en structuur	Informatie	Stofeigenschappen, geleidbaarheid
Processen en reacties; Industriële en groene chemie	Informatie	Copolymeer, polyester, hydrolyse polymeer, hernieuwbare grondstof, innovatief proces
Binding en structuur	Informatie	Organische chemie, polymeren
Processen en reacties	Informatie	zuur-base
Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties	Informatie	Stereo-isomerie, hydrolyse, zuur-base
Processen en reacties	Informatie	Kraakproces
Processen en reacties	Informatie	Polymerisatie
Binding en structuur	Informatie	Reactiesnelheid, katalyse
Onderzoek	Processen en reacties	Opstellen onderzoeksvraag, opstellen werkplan
Chemie van het leven	Informatie	Structuur eiwitten
Reactiekinetiek	Informatie	Katalysator
Organische chemie	Informatie	Polymeren
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Redox
Processen en reacties	Informatie	Redox
Chemie van het leven	Informatie	Structuur

Chemie van het leven, chemische processen	Informatie	Structuur van eiwitten, mesomerie
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten, reactievergelijkingen
Processen en reacties	Informatie	Redox, Rekenen aan reacties
Chemische vakmethoden	Informatie	Chromatografie
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Energie	Informatie	Energiediagram
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Ruimtelijke structuur
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stereo-isomerie
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties
Processen en reacties	Informatie	Elektrochemische cel
Processen en reacties, Energie	Informatie	Redoxreacties, vormingswarmte
Processen en reacties, Energie	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten, Vormingswarmte
Deeltjesmodellen, Energie	Informatie	Mesomerie, Vormingswarmte
Processen en reacties	Informatie	Elektrochemische cel
Industriële processen en groene chemie	Informatie	Groene chemie (aspecten)
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Oplosbaarheid
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen
Binding en structuur	Informatie	Stofeigenschappen

Processen en reacties	Informatie	Brandstofcel
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Vervormbaarheid, H-bruggen, duurzame grondstoffen
Processen en reacties	Informatie	Zuur-base
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Micro-macro
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Micro-macro
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Micro-macro, stereo-isomerie
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stereo-isomerie, cis-trans
Deeltjesmodellen, bindingen, structuren en eigenschappen	Modelvorming	Structuurformules
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stereo-isomerie
Deeltjesmodellen; Processen en reacties	Informatie	Structuurisomerie ; Hydrolyse
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Mengsel, hydrofoob
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Zuur-base
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Composieten
Processen en reacties	Informatie	Elektrochemie
Processen en reacties	Informatie	Stofkringloop

Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Blokschema
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel, covalentie
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel, verhoudingsformule
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Roosters en bindingen
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen; beginstoffen-reactieproducten; recycling
Energie	Informatie	Energiediagram, exotherm, endotherm, vormingswarmte, reactiewarmte
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Polymeren
Processen en reacties	Informatie	Polymerisatiereacties
Industriële processen en groene chemie	Informatie	Groene chemie
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Energie	Informatie	Exotherm
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties
Processen en reacties	Informatie	Recycling
Processen en reacties; Energie	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten; Reactiewarmte

Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten; Reactiewarmte
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Redox
Processen en reacties	Informatie	Polymeren
Processen en reacties	Informatie	Halfreacties, batterijen
Processen en reacties	Informatie	Brandstoffen
Deeltjesmodellen; Reactiekinetiek; Vakmethodes en veiligheid	Informatie	Structuurisomerie, Reactiemechanisme, Massaspectrometrie
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Toepassing zout
Evenwichten	Informatie	Aflopende reactie, omkeerbare reactie, evenwicht
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Roosters en bindingen
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Edelgassen, Lewisstructuur, structuur elektronenwolken
Binding, structuren en eigenschappen	Informatie	Roosters en bindingen
Groene chemie	Informatie	Duurzaamheid
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Bouw stof en vervormbaarheid
Duurzaamheid	Informatie	Uitspraken duurzaamheid (waarderen en becommentariëren)
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurisomerie
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties

Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Roosters; Oplosbaarheid; Micro-macro
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Polymeren
Processen en reacties	Informatie	Zuur-base; Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen; Polymeren
Behoudswetten en kringlopen; Vaardigheden	Onderzoeken	Recycling; Onderzoeksvraag
Processen en reacties	Informatie	Organische chemie
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Veiligheidsrisico's; Gevarensymbolen; LD50; H- en P-zinnen
Processen en reacties	Informatie	zuurbasereacties
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Groene Chemie (aspecten); Blokschema
Processen en reacties	Informatie	Polymeren
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Deeltjesmodellen; Chemische vakmethodes; Reactiekinetiek	Informatie	Massaspectrometrie; Reactiemechanisme
Processen en reacties; Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten; Groene Chemie
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules; Atoommodel
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Polymeren; Organische reacties
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Innovatief proces
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Redox
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Zouten
Processen en reacties; Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Oplosbaarheid zouten; Redox

Processen en reacties	Informatie	Redox
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Energie; Industriële processen; Groene Chemie	Informatie	Duurzaamheid
Processen en reacties	Informatie	Zuren en basen
Processen en reacties	Informatie	Redox
Processen en reacties	Informatie	Polymeren
Processen en reacties	Informatie	Redox
Industriële chemie en Groene Chemie; Duurzaamheid	Informatie	Ontwikkeling nieuwe toepassingen, duurzaamheid
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Macroscopische eigenschappen en structuur
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Ontwikkeling nieuwe toepassing, blokschema, redeneren duurzaamheid
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Redox
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Polymeren

Processen reacties; Chemisch rekenen	Informatie	Redox; Chemisch rekenen
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Hydrofiel, hydrofoob
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen
Processen en reacties	Informatie	Elektrochemische cel
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Brandstof
Processen en reacties	Onderzoeken	Beginstoffen en reactieproducten; Onderzoeksvraag
Chemie van het leven; Vakmethodes en veiligheid	Onderzoeken	Eiwitten; Massaspectrometrie; Onderzoeksvraag
Chemie van het leven; Vakmethodes en veiligheid	Onderzoeken	Eiwitten; Massaspectrometrie; Onderzoeksvraag
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Oplosbaarheid zouten
Processen en reacties	Informatie	Polymerisaties
Processen en reacties	Informatie	Polymerisaties
Processen en reacties	Informatie	Zuren en basen
Processen en reacties	Informatie	Halfreacties
Processen en reacties	Informatie	Polymeren

Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Recycling
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Blokschema's
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Innovatieve processen
Processen en reacties	Informatie	Redox
Bindigen, structuren en eigenschappen	Informatie	Zouten
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Hydrofiel-hydrofoob
Processen en reacties	Informatie	Zuur-base
Deeltjesmodel	Informatie	Atoommodel
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Zouten
Bindigen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen
Processen en reacties	Informatie	Brandstoffen
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Nieuwe toepassingen, blokschema, hydrolyse, redox
Processen en reacties	Informatie	Polymeren
Processen en reacties	Informatie	Polymeren
Processen en reacties	Informatie	Brandstoffen
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Blokschema
Processen en reacties	Informatie	Verbranding

Reactiekinetiek	Informatie	Reactiesnelheid, redeneren over duurzaamheid en reactiekinetiek
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties
Processen en reacties	Informatie	Brandstoffen
Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties	Informatie	Macroscopische eigenschappen; Polymerisatiereacties
Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties	Informatie	Macroscopische eigenschappen; Polymerisatiereacties
Processen en reacties	Informatie	Uitspraken doen over kwaliteit en gezondheid
Chemie van het leven	Informatie	Eiwitten
Processen en reacties	Informatie	Verbranding; Brandstofcel
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Oplosbaarheid
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Chemie van het leven	Informatie	Polysachariden
Industriële processen; Groene Chemie	Informatie	Duurzaamheid
Bindingen, structuren en eigenschappen; Chemisch rekenen	Informatie	Kristalrooster, Rekenen
Bindingen, structuren en eigenschappen; Chemisch rekenen	Informatie	Kristalrooster, Rekenen
Vakmethodes en veiligheid	Informatie	Spectrometrie
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Nieuwe toepassingen; Hydrolyse; Redox
Processen en reacties	Informatie	Verbranding; Elektrochemische cel

Processen en reacties	Informatie	Elektrolyse
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Chemie van het leven; Reactiekinetiek; Processen en reacties	Informatie	Reactiemechanisme, enzym
Industriële processen en groene chemie	Informatie	Blokschema, recycling
Industriële processen en Groene Chemie; Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Thermoplasten, blokschema
Processen en reacties	Informatie	Brandstoffen
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Energie	Informatie	Reactiewarmte
Processen en reacties	Informatie	Redox
Processen en reacties	Informatie	Elementkringloop
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, kraken
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Duurzaamheid; Ontwikkeling nieuwe toepassingen
Processen en reacties	Informatie	Brandstofcel
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, kraken
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Redox
Processen en reacties	Informatie	Redox
Chemie van het leven; Processen en reacties	Informatie	Enzym, Hydrolyse
Processen en reacties	Informatie	Brandstofcel, duurzaamheid
Processen en reacties	Informatie	Elektrochemie
Processen en reacties	Informatie	Verbranding

Industriële processen en groene chemie	Informatie	Processen en duurzaamheid
Industriële processen en groene chemie	Informatie	Groene Chemie
Processen en reacties	Informatie	Polymerisatie
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Toepassing zout
Processen en reacties	Informatie	Redox
Bindingen, structuren en eigenschappen; Chemie van het leven	Informatie; Ontwerpen	Micro-macro
Processen en reacties	Informatie	Kraken
Processen en reacties	Informatie	Kraken
Processen en reacties	Informatie	Polymerisatie
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Oplosbaarheid, ontleding, roosters
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Verbranding
Energie	Informatie	Energiediagram
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Risico en veiligheid
Industriële chemie	Informatie	Groene chemie
Processen en reacties	Informatie	Polyadditie
Processen en reacties	Informatie	Polycondensatie
Processen en reacties	Informatie	Polycondensatie

Deeltjesmodellen; Chemie van het leven	Informatie	Structuurformule
Processen en reacties	Informatie	Reactievergelijkingen
Processen en reacties	Informatie	Hydrolyse polymeer; Redox
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Bouw stof en vervormbaarheid
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Polair-apolair
Processen en reacties; Energie	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten; Duurzaamheid
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Batterijen
Processen en reacties	Informatie	Batterijen
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen-reactieproducten
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Zouten
Processen en reacties	Informatie	Polyadditie
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen; Beginstoffen-reactieproducten
Energie	Informatie	Energiediagram
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Roosters en bindingen
Processen en reacties	Informatie	Blokschema
Processen reacties	Informatie	Elektrochemische cel; Redox
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen, macro-micro; hydrofiel-hydrofoob

[illegible]

[illegible]

Trefwoorden	Vraagtype
Water-jet printer, hydrochrome stof, isomerie	Informatiebewerkingsvraag
e-sigaret, nicotine, glycol, glycerol, water, dampmiddel	Informatiebewerkingsvraag
Suikerbiet, suikergehalte, winbaarheid, bietencampagne	Informatiebegripsvraag
Cfk's, ozonlaag, radicaal, milieu, ppt, gaschromatografie, massapectrum	Informatiebegripsvraag
Polonium, radioactiviteit, verval, atoombouw, uranium	Informatiebewerkingsvraag
Afvalgas, koolstofdioxide, elektriciteit, milieu	Informatiebewerkingsvraag
CO ₂ , milieu, kringloop, synthesegas, DME, brandstof	Informatiebegripsvraag
Argon, atoombouw, Krabnevel, isotoop, helium	Informatiebewerkingsvraag
Wasmiddel, oppervlakte-actieve stof, cradle-to-cradle	Standpuntvraag
Sarin, chemisch wapen, Syrië, mosterdgas, detoxificatie, hydrolyse, MEA	Informatiebewerkingsvraag
Minireactor, synthesegas, aardgas, methanol, reactievergelijkingen	Informatiebewerkingsvraag
Imazalil, fungicide, grapefruit, milieu	Informatiebewerkingsvraag
ISS, massaverhouding, scheidingsmethoden	Informatiebewerkingsvraag
Radicaal, perfluortributylamine, methaan, broeikasgas, smog, ozon, milieu	Informatiebewerkingsvraag
Arseniet, arsenaat, elektrolyse, chloor, radicaal, chloriet	Informatiebewerkingsvraag
Waterstofperoxide, bomardeerkever, hydrochinon	Informatiebewerkingsvraag
Contactlens, sensor, enzym, glucose, waterstofperoxide, diabetici	Informatiebegripsvraag
CO ₂ , CO, superkatalysator, nano, energiediagram, endotherm	Informatiebegripsvraag
Biomassa, lignine, cellulose, fermentatie, PIL, DES, bio-ethanol	Informatiebewerkingsvraag
Glycerol, citroenzuur, bioafbreekbaar, hydrolyse	Informatieselectievraag
Struviet, osmose, membraan, drinkwater, meststof, milieu	Informatiebegripsvraag
Energie, hernieuwbare bron, milieu, PJ, W	Informatiebegripsvraag
Waterstofperoxide, groene methode, katalysator, nano, palladium, goud	Informatiebegripsvraag

Snelheidsvergelijking, CO ₂ -opname en CO ₂ -afgifte door de grond, priming, fotosynthese	Informatiebegripsvraag
Alcohol, radicaalreacties, ozon, duurzaamheid, waarborgen kwaliteit lucht	Informatiebegripsvraag
Robotpil, citroenzuur, natriumwaterstofcarbonaat, ontwerp opdracht	-
Elektrolyse, waterstof, energie, groene chemie, milieu	Informatiebewerkingsvraag
Katalysator, nano, tumor, palladium, alkylering	Informatiebewerkingsvraag
Elektrolyse, fermentatie, informatie selecteren, analyseren, weergeven	Informatiebewerkingsvraag
Fermentatie, CO, ethanol, acetaat, CuO elektrode, reactiewarmte, katalysator	Informatiebewerkingsvraag
Energie, autojaar, fossiele brandstof, milieu	Informatiebegripsvraag
AGE's, Maillard, aminozuur, glucose, suiker, informatie verzamelen, presenteren	Informatiebewerkingsvraag
Maillard, aromastoffen	-
AGE's, Maillard, additie, hydrolyse, redox, aminozuur, glucose	Informatiebewerkingsvraag
Papier, cellulose, lignine, scheiden, H-brug	Informatiebewerkingsvraag
Endotherm, benzine, katalysator, Fischer-Tropsch	Informatiebegripsvraag
Groene chemie, duurzaam, brandstofcel, elektrolyse	Informatiebegripsvraag
Calciumalginaat, vruchtenkaviaar	-
Presentatie, calciumalginaat, vruchtenkaviaar, cross-link	Informatiebewerkingsvraag
Fotosynthese, groei, stofwisseling, rekenen	Informatiebegripsvraag
Planten, Plant-E, groene stroom, fotosynthese, elektronenstroom	Informatiebegripsvraag
Batterij, accu, elektrochemische cel, halfreacties	Informatiebegripsvraag

Janus, dendrimeer, dubbellaag	Informatiebewerkingsvraag
Thermoplast, polycondensatie, lichtgevoeligheid, onderzoeken, gecontroleerde medicijnafgifte, laser, microniveau	Informatieselectievraag
CO ₂ , methaan, brandstof, milieu, kringloop, rendement	Informatiebewerkingsvraag
Lignine, bio-BTX, aroma, fenol, bio-based, vanilline, sinapylalcohol, kraken, atoomeconomie, E-factor	Informatieselectievraag
Bio-aroma, lignine, PET, GDCA, PEF	Informatiebegripsvraag
Methaan, etheen, katalysator, brandstof, milieu	Informatiebegripsvraag
Spincoaten, duurzaam, accu, zonnecel	Informatiebewerkingsvraag
Duurzaam, accu, zonnecel	Informatiebewerkingsvraag
lood, Pb, PbO ₂ , lood(II)jodide, salpeterzuuroplossing, ethaanzuuroplossing	Informatiebewerkingsvraag
Botaangroei, bierborstel, verhoudingsformule, dubbelzout, zoutformule	Informatiebegripsvraag
Koolstofdioxide, mierenzuur, reactievergelijking	Informatiebegripsvraag
Pyruvaat, lactaat, chemisch rekenen	Informatiebewerkingsvraag
Lachgas, raket	Informatieselectievraag
Krypton, isotoop, halfwaardetijd	Informatiebegripsvraag
Redox, HMF, FDCA	Informatiebegripsvraag
Redox, HMF, FDCA, paraxyleen, koelen	Informatiebegripsvraag
Steenkoolvergassing, milieu, CO ₂	Informatiebegripsvraag
Lignine, aroma, aldehyde, brandstof, milieu	Informatiebegripsvraag
cholesterol, enzym, biobatterij, sensor, hart, Lewisformule	Informatiebegripsvraag
waterstof, brandstofcel, milieu	Informatiebegripsvraag

α -helix, aminozuren, c DNA, waterstofbrugvorming, slijm, microstructuur macroscopische eigenschappen	Informatiebewerkingsvraag
Kogelvrij vest, ALD, mesvrij	Informatiebegripsvraag
Kogelvrij vest, ALD, mesvrij, zuurbase	Informatiebegripsvraag
Heelal, isopropylcyanide, isobutyronitril, aminozuur	Informatiebegripsvraag
Interstellaire stof, isomeren	Informatiebegripsvraag
Anti, gauche, eclised, aminozuur	Informatiebewerkingsvraag
Hemoglobinen, zuurstof, ijzer, atoommodel	Informatiebewerkingsvraag
SMA, ABS, styreen, maleïnezuur, maleïnezuur, maleïnezuuranhydride	Informatieverwerkingsvraag
Magic sand; maken magisch zand	Conclusievraag; Informatieverwerkingsvraag
Biomassa, tweede generatie, bio-ethanol, DSM	Informatiebegripsvraag
Copolymeer, maleïnezuur, styreen, SMA, membraan	Informatiebegripsvraag
Kloppend maken, massaverhouding	Informatieverwerkingsvraag
Magnetiet, ferrihydriet, nano, kristallen, pH, oplosbaarheidsproduct	Informatiebegripsvraag
Druiven, schimmels, grondverontreiniging	Informatiebegrips- en informatiebewerkingsvraag
Fotosynthese, azijnzuur, butanol, exo- of endotherm	Informatiebegripsvraag
Fotosynthese, azijnzuur, butanol, exo- of endotherm	Informatiebegripsvraag
Schaliegaswinning, fracking, gezondheid	Informatiebegripsvraag
Suikerbiet, fotosynthese, tarra, winbaarheid	Informatiebegripsvraag

Koolstofdioxide, CCS, broeikaseffect, milieu	Informatiebegripsvraag
Koudemiddel, broeikaseffect, koolstofdioxide, freonen, milieu	Informatiebegripsvraag
Biobrandstof, duurzaam, brandstofcel, grafische weergave	Informatiebegripsvraag
zon; kernfusie; waterstof; helium; massadefect	Informatiebegripsvraag
STM; molberekening; spaakwiel; geleiding; tetraëder	Informatiebegripsvraag
Pyrolyse; gelamineerd aluminium; recycling	Argumentenvraag
Vitamine C; ADH; gehalte; experiment	Informatiebegripsvraag
suikerbiet; polymelkzuur, PLA; blokschema	Informatieselectievraag; Informatiebewerkingsvraag
Suikerbiet, polymelkzuur, toepassingen PLA, blokschema, reactievergelijkingen, groen, duurzaam	Informatieselectievraag; Informatiebewerkingsvraag
palladium; teflon; waterstof; katalysator	Informatiebegripsvraag
PCL, PLA, PGA, PTMC, polymeren, biodegradeerbaar	Informatiebegripsvraag
Suikerbiet, biobrandstof, biobased, eerste generatie biobrandstof	Informatiebegripsvraag
Zon, deuterium, waterstof, hypothese, model, micro, macro	Informatiebegripsvraag
Spiegelbeeldisomerie, polymerisatie, duurzaamheid	Informatiebegripsvraag
Iridium, negenwaardig	Informatiebegripsvraag
Planeet Mars, microben, selfsupporting, waterstof, zuurstof	Informatiebegripsvraag
Fotosynthese, anthocyanen, druiven	Informatiebegripsvraag
Enzymen, halfreacties, naamgeving, symbooltaal	Informatiebewerkingsvraag

Planeet Mars, olivijn, magnetiet, methaan, waterstof, zuurstof	Informatiebegripsvraag
Duurzaamheid, koffiedrab, koffiepulp, pectine, biobrandstoffen	Informatiebegripsvraag
Oersoep, halwaardetijd, zuurstof, leven	Informatiebegripsvraag
Zonnecel, perovskiet, elektrolyse, waterstof, rendement	Informatiebegripsvraag
MOF, membraan, zout, scheidingsmethode, gassen	Informatiebegripsvraag
SS2, stuwstof, hybride, Stratos, booster	Informatieverwerkingsvraag
Explosie, coulombexplosie, natrium, kalium	Informatiebegripsvraag, conclusies evalueren
Explosie, coulombexplosie, natrium	Informatiebegripsvraag
Molecuulmodellen, stereo-isomerie, spiegelbeeld, asymmetrisch C-atoom, cis-trans	Informatiebewerkingsvraag
Stereo-isomerie, spiegelbeeld, asymmetrisch C-atoom, cis-trans	Informatiebewerkingsvraag
Presentatie, stereo-isomerie, spiegelbeeld, asymmetrisch C-atoom, cis-trans	Informatiebewerkingsvraag
Links- en rechtsdraaiend, racemische mengsel, enantiomeer	Informatieverwerkingsvraag
Natuurwetenschappelijke methode, hypothese, werkplan, conclusies	Werkplan maken
Waterstofbruggen, cellofaan, cellulose, wateropname	Informatiebewerkingsvraag
Boor, beryllium, metaal of niet-metaal, complex	Informatiebegripsvraag
Eiwitten, ontkoken, duurzaamheid	Informatiebegripsvraag; Probleemstellingsvraag
Adipinezuur, groener, experimenten, uv-licht	Informatieselectievraag; Conclusievraag

Azobenzene, cis-trans, stereo-isomerie	Informatiebegripsvraag
Pykrete, brosheid, vezels, hout, papier	Informatieverwerkingsvraag
Pykrete, brosheid, vezels, hout, papier	Informatiebewerkingsvraag; Conclusievraag
PET, polycondensatie, groene chemie, pyrolyse, MEG, tereftaalzuur, aroma	Informatiebegripsvraag
Waterstofbruggen, smelttemperatuur, reactiemechanisme, nucleofiel	Informatiebewerkingsvraag
Organische reacties, initiatie, propagatie, generaties grondstoffen, radicaal, biobased	Informatiebewerkingsvraag; Argumentenvraag
Stikstof, ammoniak, katalysator, elektronenformule, elektride	Informatiebegripsvraag
Pyrolyse, verbranding, reactievergelijking, blokschema	Informatiebewerkingsvraag
Karton, cellulose, lignine, verpakkingsmateriaal, milieu	Informatiebegripsvraag
Metalen, milieu, e-afval	Informatiebegripsvraag
Katalysator, biomassa, industrie, estervorming, levulinezuur, γ -valerolacton	Informatiebegripsvraag
Proefomstandigheden, monolaag, zeep, stearylalcohol, cetylalcohol	Informatieselectievraag
Stearylalcohol, monolaag	Informatieselectievraag
Stearylalcohol, monolaag	Informatieselectievraag
Stearylalcohol, volume molecuul	Informatiebewerkingsvraag
Polycaprolacton, vezel, hydrogel, GelMA	Informatiebewerkingsvraag
Reactievergelijkingen, rendement proces	Informatiebewerkingsvraag
Halfreactie, evenwichtsverschuiving, DNA, waterstofbruggen, ionbinding, van der Waalsbinding	Informatiebewerkingsvraag
Nierstenen, kristalvorming, gezondheid	Informatiebegripsvraag, onderzoekvaardigheidsvraag
Zeldzame aardmetalen, fosforen, recycling	Informatiebegripsvraag
Europium, aardmetaal, scheiding, neerslagreactie	Informatiebegripsvraag
Berekening, elektrolyse, reactievergelijking, groen	Informatieselectievraag
Enzymen, biomassa, glucose, xylose	Informatiebegripsvraag

Carbides, elektronensstructuurformules	Informatiebewerkingsvraag
Isotopen, aardkorst, aardkern	Conclusievraag
Water, membraan, elektrolyse, opschaling, corrosie, pH	Informatiebegripsvraag
Bioplastic, biobased, hydrolyse, ringvorming, recyclebaar	Informatiebewerkingsvraag
Ijs, sublimeren, nano, satelliet	Informatiebegripsvraag
Lewisstructuur, zuurbasis, hydrofoob, vanderwaalsbinding	Informatiebegripsvraag
Kristalvorming, verdampen. Kristallisatie, Pruisisch blauw, blauwsel, natriumchloride	Werkplanvraag
Kristalvorming, verdampen. Kristallisatie, Pruisisch blauw, blauwsel, natriumchloride	Probleemstellingsvraag
Explosie, koolstofverbindingen, katalysator, veiligheidseisen	Informatiebegripsvraag
Reactiemechanisme, reactor, katalysator	Informatiebegripsvraag
Ethylbenzeen, propaan, styreen, propyleenoxide, MSPO, explosie	Informatiebegripsvraag
Reactievergelijkingen, elektrolyse	Informatiebewerkingsvraag, argumentenvraag
Koolstofdioxide, broeikaseffect, fotosynthese, ppm, percentage	Informatiebegripsvraag
Synthesegas, groene energie, energiedrager, waterstof, ammoniak, ethanol, methanol	Informatiebegripsvraag
CO ₂ , recyclen, duurzaamheid	Informatiebegripsvraag
MOF, etheen, acetyleen, kraken, polymeer	Informatiebegripsvraag
Afrikaantjes, luteïne, hexaan	Informatieselectievraag
Biobased economy, bioraffinage, waardepiramide	Informatiebegripsvraag
Stank, varkensgeur, Farmsuit	Informatiebegripsvraag
Chloor, transport, giftig	Informatiebegripsvraag
PLA, polymelkzuur, demonstratie, praktische opdracht, depolymerisatie	Onderzoeksvraag
Water zuiveren, destillatie	Informatiebegripsvraag

Magnesiumperoxide	Informatiebegripsvraag
Magnesiumperoxide, reactievergelijkingen	Informatiebegripsvraag
Planeten, zouten	Informatiebegripsvraag, informatiebewerkingsvraag
Zonne-energie, windenergie, opslag overtollige energie	Informatiebegripsvraag, informatiebewerkingsvraag
Strontiummonohydroxide, formuletaal, naamgeving, PVC, 5-AT, aroma	Informatiebegripsvraag
Organokobalt, CO ₂ , CO, broeikasgas	Informatiebegripsvraag
Koper, aluminium, halfreactie	Informatiebegripsvraag
Elektrochemische cel, zout water	Werkplanvraag
Koolstofdioxide, broeikaseffect, kalksteen, calciumsilicaat, calciumcarbonaat	Informatiebegripsvraag
Mierenzuur, katalysator, waterstofeconomie	Informatiebegripsvraag
Polyetheen, thermoplast, afval, recycleersymbool	Informatieverwerkingsvraag
Lachgas, broeikaseffect, waterzuivering, Lewisstructuur	Informatiebegripsvraag
PET-fles, biobased, recycling. Lidl, glycol, BTX, xylene	Informatiebegripsvraag
Hout, cellulose, hemicellulose, lignine, bio-ethanol	Informatiebegripsvraag
OCI Nitrogen, kunstmest, ammoniak, ureum, urean, melamine	Informatiebegripsvraag
Diesel, katalysator, vervuiling	Informatiebegripsvraag
Recycling, afvalverwerking, synthesesgas	Informatiebegripsvraag
waterstof, brandstofcel, milieu	Informatiebegripsvraag
Raketen, sorbitol, lachgas	Informatiebegripsvraag
ethaan-dinitril, dikoolstof, komeet	Informatiebegripsvraag
Fotosynthese, vergisting, suiker, alcohol, destillatie	Informatiebegripsvraag

Massapercentage, biobased economy, waardepiramide	Informatieverwerkingsvraag
Zoetstof, koolstofchemie, smaakreceptoren, eiwit, diterpenen	Informatiebegripsvraag
CO ₂ , eierdoos, absorptie, milieu, broeikasgas	Informatiebegripsvraag
Kerosine, brandgevaar, polymeren, isoftaalzuur, tertiair amine	Informatiebegripsvraag
Strontiumcarbonaat, reactievergelijking, energie-omzetting	Informatiebewerkingsvraag
Strontiumcarbonaat, reactievergelijking, energie-omzetting	Informatiebewerkingsvraag
Thermochemische batterij, duurzaamheid	Informatiebewerkingsvraag
NO _x , volkswagen, milieunorm, driewegkatalysator, milieu, ureum, diesel	Informatiebegripsvraag
Glycerol, methanol, katalyse, biodiesel, blokschema	Informatiebegripsvraag
CoPS, katalysator, Pt, waterstof	Informatiebegripsvraag
zuur-base; redox	Informatieverwerkingsvraag
Periodiek systeem, nieuwe elementen, element 113, ununtrium	Informatiebegripsvraag
radio-actief verval, bouw atoom	Informatiebegripsvraag
Nylon-6, caprolactam, recycling, visnetten, milieu, monomeer	Informatiebegripsvraag
Chloor, bleekmiddel, pH, evenwicht, giftige dampen	Informatiebegripsvraag
FeS, FEOH, aeroob, halfreacties, bacteriën, elementencyclus, Grevelingenmeer	Informatiebegripsvraag
3D-printen, tandheelkunde, antibacterieel	Informatiebegripsvraag, probleemstellingsvraag
Metaal, metaaloxide, reactievergelijking, energiebalans	Informatiebegripsvraag
Calciumoxide, CaO, calciumhydroxide, Ca(OH) ₂ , duurzaam	Informatiebewerkingsvraag
Nano, destillatie, water, alcohol	Informatiebegripsvraag
Carbid, explosie, melkbus, acetyleen	Informatiebegripsvraag

Brandvoorwaarden, reactievergelijking, mangaanoxide, mangaandioxide, onderzoeksvraag	Informatieselectievraag
Brandvoorwaarden, reactievergelijking, MnO_2 , Mn_3O_4 , onderzoeksvraag	Informatieselectievraag
Variabelen	Werkplanvraag
Thorium, kernfusie, kernreactie, energie	Informatiebegripsvraag
Endotherme reactie, thermochroom papier, beeldverslag	Werkplanvraag
Warmtegeleiding, reactie geven op vraag	Aanvaardbaarheidsvraag
Nikkel-nanodeeltjes, accu, beveiliging, nano, μm	Informatiebegripsvraag
Groene colaflesjes, fructose, recyclen	Informatiebegripsvraag
Dyneema, DSM, supervazel, PE, mengbaarheid, berekening, micro, macro, meso	Informatiebegripsvraag
Zouten, base, CO_2 , zure oplossing, brijn	Informatieselectievraag
Vitamines, voedsel, opname in lichaam	Informatiebegripsvraag
Katalysator, diesel, kraken, isomerisatie, zeoliet	Informatiebegripsvraag
Autoband, rubber, recycling, pyrolyse, circulaire economie, berekening	Informatiebegripsvraag
Kobalt, katalysator, broeikasgas	Informatiebegripsvraag
Fotosynthese, rijping van fruit, rotten van fruit, duurzaamheid	Informatieverwerkingsvraag
Primaire en secundaire structuur, duurzaamheid, eiwitten, reactiesnelheid, rijpen	Informatiebegripsvraag
Synthese, waterstofperoxide, katalyse, nano, inert	Informatiebegripsvraag
TPE, DSM, elastomeer, rubber, thermoplast	Informatiebegripsvraag
Lactide, aminozuren, fermentatie, hydrolyse, melkzuur, polymelkzuur	Informatiebegripsvraag
Licht, chemische energie, elektrolyse, zonnecel, membraan, halfreacties	Informatiebegripsvraag
Waterstof, elektrolyse, zonne-energie, energie, bipolair membraan	Informatiebegripsvraag
DNA, cyaanuurzuur, adenine, nanovezel, waterstofbruggen	Informatiebegripsvraag

Tyrosine, dityrosine, grensstructuren	Informatiebegripsvraag
Staalproductie, endotherm, blokschema, waterstof, CO ₂ -uitstoot	Informatiebewerkingsvraag
IJzerproductie, staal, hoogoven, CO ₂ , reductie, berekening	Informatiebegripsvraag
Vloeistofchromatografie, HPLC, recycling vloeistofstroom	Informatiebegripsvraag
Fotolyse, water, fotosynthese, CO ₂	Informatieverwerkingsvraag
Katalysator, endotherm, structuurformule	Informatieverwerkingsvraag
Aromaat, anti-aromaat, σ -binding, π -binding	Informatiebegripsvraag
Vlakke structuur, additie, bindingslengte, elektronenverplaatsingen	Informatieverwerkingsvraag
Alkanen, spiegelbeeldisomerie, katalysator, selectiviteit, groene chemie	Informatiebegripsvraag
Waterstofperoxide, kringloop, endotherm, exotherm, fotolyse	Informatieverwerkingsvraag
Biodiesel, katalysator, SrO, transesterificatie, magnetron	Informatiebegripsvraag
Halfreactie, elektrolyt, gaschromatografie	Informatieverwerkingsvraag
Halfreactie, ethanol, Pruisisch blauw, waterstofperoxide	Informatieverwerkingsvraag
Elektrochemie, brandstof, duurzaam, magnesiumhydride, halfreactie	Informatiebegripsvraag
Milieueisen, DeNO _x , SCR-KAT, ureum, CO ₂ , berekening	Informatiebegripsvraag
Grensstructuur, Lewisstructuur, oktetregel, energiediagram, reactiewarmte, activeringsenergie, explosie	Informatieverwerkingsvraag
Plant-E, fotosynthese, bacteriën, afbraak, elektriciteit	Informatiebegripsvraag
Polyamides, levulinezuur, adipinezuur, naamgeving, milieu, groene chemie	Informatieverwerkingsvraag
waterstof, waterstofbus, brandstofcel, milieu	Informatiebegripsvraag
Transport, water, zuurstof, waterstofbruggen, polair, apolair, polyetheen, polyethyleen	Informatiebewerkingsvraag
Polyethyleen, polyetheen, thermoplastisch zetmeel, folie, doorlaatbaarheid	Informatiebegripsvraag
Temperatuur, Celsius, Kelvin, formuletaal	Informatieverwerkingsvraag

CO ₂ , koolstofdioxide, MFCF, gesmolten zout, halfreactie	Informatieverwerkingsvraag
Plastic soep, metathese, polyetheen, wasbenzine, dehydrogenering	Informatiebegripsvraag
Genetische manipulatie, eiwitten, primaire structuur	Informatiebegripsvraag
Maagzuur, zoutzuur, pH, slokdarm	Informatiebegripsvraag
Teflon, antiaanbaklaag, C8, GenX, gezondheid	Informatiebegripsvraag
Nobelprijs, nanomotor, nanomolecuul, scheikunde, symthese	Informatiebegripsvraag
Nobelprijs, nanomotor, nanomolecuul, scheikunde	Informatiebegripsvraag
Nobelprijs, moleculaire motor, Feringa, Sauvage, Stoddard, catenaan	Informatiebegripsvraag
Nobelprijs, Feringa, energiediagram, (in)stabiliteit, asymmetrisch koolstofatoom	Informatieverwerkingsvraag
Molecuuldoos, cis-trans, stabiliteit, energiediagram	Informatieverwerkingsvraag
Chiraal, enantiomeer, heelal, linksdraaiend	Informatiebegripsvraag
Indigo, indigotin, reactiemechanisme, mesomerie, halfreacties	Informatiebewerkingsvraag
CO, giftig, koolmonoxide, cv-ketel, geiser	Informatiebegripsvraag
CO, giftig, koolmonoxide, cv-ketel, geiser, elektrochemische cel	Informatiebegripsvraag
Elektrolyse, waterstof, methaan, koolstofdioxide, milieu, energie	Informatiebegripsvraag
Natuurramp, methaangas, oplosbaarheid, elektriciteit opwekken	Informatiebegripsvraag
Methaan, benzeen, waterstof, membraan, kathode, anode	Informatiebegripsvraag
Lithiumionbatterij, oxaalzuur, citroenzuur, chemische notatie	Informatiebewerkingsvraag
Elektrolyse, zonne-energie, waterstof, synthesesgas, koolwaterstoffen, milieu	Informatiebegripsvraag
Composiet, zelfhelend, vliegtuigvleugels, katalysator, Engelstalig	Informatiebegripsvraag
Energie, koolstofdioxide, elektrochemische cel	Informatiebegripsvraag
Struviet, fosfaat, kunstmest, milieu, duurzaam, evenwicht, evenwichtsvoorwaarde, berekening, dubbelzout	Informatiebegripsvraag

Eutectisch oplosmiddel, decaanzuur, lidocaïne, extractie, zware metalen, zuur, base	Informatiebegripsvraag
Fischer-Tropsch, alcoholen, aldehyden, katalysator, halfreactie	Informatiebegripsvraag
Radicalen, polyfenolen, antioxidanten	Informatiebegripsvraag
Bioraffinage, waardepiramide	Informatiebewerkingsvraag
Ethanol, elektrolyse, berekeningen, massa, stofkringloop	Informatieselectievraag
Ethanol, halfreactie, elektrolyse, berekeningen, stofkringloop	Informatieselectievraag
Atomen, energie, golflengte, structuurformule	Informatiebegripsvraag
Thorium, kernreactor, energie	Informatiebegripsvraag; argumentenvraag
Chloor, industrie, milieu, elektrolyse, kwik(II)sulfide, oplosbaarheidsproduct, halfreactie	Informatiebegripsvraag
THF, cellulose, water, H-bruggen, hydrofiel, hydrofoob, hydrolyse	Informatiebegripsvraag
Amorf, silicium, anode, accu, structuurformule, reactievergelijking	Informatiebegripsvraag
Ijzer, roest, reactievergelijking, exotherm, endotherm, kringloopschema	Informatieselectievraag
Berekening, ijzer, titaan, verbranding, verdelingsgraad, roesr	Informatieselectievraag
Melkzuur, lactide, PLA, duurzaamheid, polyester, fermentatie, berekening	Informatiebegripsvraag
Autoband, PET, viscose, rubber, para-aramide, rolweerstand, Eco	Informatiebegripsvraag
Polyurethaan, CO ₂ , mesomerie, duurzaam, polyether, polycarbonaat, PPP	Informatieselectievraag
PUR, polymeren, schuim, duurzaamheid, procesverbetering	Informatiebegripsvraag
Methaan, benzeen, Mo ₂ C, MoO ₃ , katalysator, zeoliet, poreus	Informatiebegripsvraag
elektrolyse, beginstoffen-reactieproducten, reactievergelijking	Informatieselectievraag
Halfreactie, spanning, energie	Informatieslectievraag
Autobanden, koolstof, carbon black, pyrolyse, recycling, koolstofdioxide	Informatiebegripsvraag
Methaan, koolstofdioxide, metaaloxide, evenwichten, reactiewarmte, endotherm, exotherm, milieu, inert	Informatiebegripsvraag

Methaan, koolstofdioxide, metaaloxiden, evenwichten, reactiewarmte, exotherm. Endotherm, milieu, inert	Informatiebegripsvraag
Methaan, koolstofdioxide, katalysator, metaaloxiden, evenwichten, reactiewarmte	Informatiebegripsvraag
Rode fosfor, witte fosfor, rookgranaat, difosforpentaoxide, fosfor(V) nitride	Informatiebegripsvraag
Nanoraket, PNIPAM, hydrofyl, hydrofoob, medicijn, waterstofperoxide, koorts, Lewisstructuur, reactiemechanisme	Informatiebegripsvraag
Duurzame energie, waterstof, elektrolyse, opladen	Informatiebegripsvraag
Stookolie, zwavelgehalte, milieu, scheepvaart	Informatiebegripsvraag
Pineen, nopinon, crypton, fragmention, PLA, PCL, caprolactone, ozonolyse, elektronenverplaatsing	Informatieselectievraag
Oplosmiddel, lipofiel, hydrofoob, ionische vloeistof	Informatiebegripsvraag
Hb, kolendamp, CO-vergiftiging, Nbg, verschuiving evenwicht	Informatiebegripsvraag
Waterstofbruggen, ionbinding, atoombinding, hardheid, gelatine, silica	Informatieselectievraag
Aminozuur, koolstofdioxide, radicaal, mechanisme, fotoredoxkatalysator, Lewisstructuur	Informatiebegripsvraag
Kristal, koolstofdioxide, zout, PyBIG, guanidine, pyridine, milieu	Informatiebegripsvraag
Biocorrosie, wasmiddel, enzymen, wasmachine, bleekmiddel, biofilm, milieu	Informatiebegripsvraag
Helium, natrium, electride	Informatiebegripsvraag
Molecuulrooster, ionrooster, metastabiel, waterstof, energiediagram	Informatieverwerkingsvraag
Mobieltje, edelmetalen, goud, reuse, recycle, duurzaamheid, milieu	Informatiebegripsvraag
Lewisstructuur, ladingtransport, polypyrrool, PPP, geleiding, cellulose, duurzaam	Informatieselectievraag
Bioplastics, aardolie, duurzaamheid, Avantium, milieu	Informatiebegripsvraag
Kachel, CO, koolstofmonoxide, onvolledige verbranding	Informatiebegripsvraag
Capillaire elektroforese, aminozuren, spiegelbeeld, scheiding	Informatiebegripsvraag
Whisky, glucose, fermentatie, biobrandstof, ethanol, butanol, aceton	Informatiebegripsvraag

Nanoballetjes, kunstmest, ureum, hydroxyapatiet	Informatiebegripsvraag
Sensor, griep, biomarker, isopreen, wolframoxide, nanokristallen, hexagonaal	Informatiebegripsvraag
Melamine, ureum, industrie, DSM, OCI Nitrogen, thermoharder	Informatiebegripsvraag
Kalk, zware metalen, nikkelionen, oplosbaarheid, elektrolyse, milieu	Informatiebegripsvraag
Verbranding, brand, brandvertrager, milieu	Informatiebegripsvraag
Wasmot, polyetheen, plastic afval, naamgeving, reactievergelijking, berekening, IR, massaspectrometrie	Informatieverwerkingsvraag
Rupsen, PE, afbraak, milieu, ethyleenglycol, polyester	Informatiebegripsvraag
Waterstofperoxide, chloorazijnzuur, veiligheid	Informatiebegripsvraag
salpeterzuur, zzwavelzuur, ammoniak, calciumoxide, pH, mestverwerking	Informatiebegripsvraag
koffiedrab, biodiesel, blokschema	Informatiebewerkingsvraag
melkzuur, schimmel, PLA, <i>Monascus ruber</i> , suikers	Informatiebegripsvraag
hooibroei, branddriehoek, exotherm, blussen	Informatiebewerkingsvraag
Geosmine, structuurisomerie, reactiemechanisme, elektronenverplaatsingen	Informatieverwerkingsvraag
Ammoniak, Haber-Boschproces, stikstof, waterstof, ruthenium, katalysator, duurzaam	Informatiebegripsvraag
C8, perfluorooctaanzuur, PFAS, PFOA, F-18, radioisotoop, halfwaardetijd	Informatiebegripsvraag
Hard water, ontharding, kalk, calcië, calciumcarbonaat, entmateriaal	Informatiebegripsvraag
Titaanwit, lijnolie, schilderij, radicaalpolymerisatie, micro- en macroniveau	Informatiebegripsvraag
Waardepiramide, naamgeving, cellulose, redox, zuur-base, biomassa, gft-afval, berekeningen	Informatiebewerkingsvraag
Carbid, explosie, melkbus, ethyn, aansteken	Informatiebegripsvraag
Carbid, explosie, melkbus, ethyn, aansteken	Informatiebegripsvraag
Zuurstof, heelal, Elay-Ridealmechanisme	Informatiebegripsvraag
Oppervlaktewater, fosfaten. Milieu, mestbeleid, oplosbaarheid, verhoudingsformule	Informatiebegripsvraag
Oppervlaktewater, ijzerionen, fosfaten, mestbeleid	Informatiebegripsvraag

Soda, biomethaan, koolstofdioxide, pH	Informatiebegripsvraag
Koolstofdioxide, milieu, kringloop, fossiele brandstoffen	Informatiebegripsvraag
Anthranilaat, biomassa, reactiemechanisme, groene chemie	Informatiebewerkingsvraag
Brandstoffen, elektrische energie, mierenzuur, CO ₂ -voetafdruk	Informatiebegripsvraag
Stikstofneerslag, stikstofuitstoot, kalk, zuur-base, milieu	Informatiebegripsvraag
Katalysator, zeoliet, methaan, methanol, koper(I), koper(II)	Informatiebegripsvraag
Teflon, antiaanbaklaag, FTE, PFTE, FEP, copolymeer, HFP	Informatiebegripsvraag
nanoraket, waterstofperoxide, katalysator, hydrofiel, hydrofoob	Informatiebegripsvraag
Luiers recyclen, vergisten, blokschema	Informatiebegripsvraag
Polyacrylamide, crosslinks, water, waterstofbruggen	Informatiebegripsvraag
Propaan, butaan, aardgas	Informatiebegripsvraag
CO ₂ , fotosynthese, verbranding, gehalte, ppm, kastuinbouw	Informatiebegripsvraag
Waterzuivering, adsorptie, β -cyclodextrine, polymerisatie, milieu	Informatiebegripsvraag
Energie, ontleding, water, waterstof, molybdeendisulfide, katalysator, fotolyse	Informatiebegripsvraag
Brandvoorwaarden, blussen, fosforbrand	Informatiebegripsvraag
Brandvoorwaarden, blussen, fosforbrand, energiediagram, energieberekening	Informatiebegripsvraag
Waterstof, elektrolyser, brandstofcel, reactievergelijkingen, energie-omzettingen, duurzaam, berekening	Informatiebegripsvraag
Waterstof, elektrolyzer, brandstofcel, reactievergelijkingen, energie-omzettingen, duurzaam, berekening	Informatiebegripsvraag
Ammoniak, waterstof, stikstof, ruthenium, proton hopping	Informatiebegripsvraag
Blussen, brandvoorwaarden, reactievergelijking, zonnebloemolie	Informatieverwerkingsvraag
Foliumzuur, formaldehyde, formaat, formiaat, 1C-cyclus, adenine, guanine, serine	Informatiebegripsvraag
Glycerol, vetzuren, milieu, duurzaam, vergisting, biogas	Informatiebegripsvraag
PLA, biobased, biodegradeerbaar, melkzuur	Informatiebegripsvraag

Halfreacties, pyrodruivenzuur, ethanol, pH-berekening, buffer, dubbellaag, fosforlipiden	Informatiebegripsvraag
Whisky, smaak, dichtheid, simulatie, concentratie	Informatiebegripsvraag
Water, Derde Wereld, waterwinning, dauwpunt, condenseren, faseovergang	Informatiebegripsvraag
pH, halfreacties, potentiaal cel, ionensensoren, chlorideconcentratie	Informatiebegripsvraag
Bio-methanol, aardgas, methaan, CO ₂ , groene chemie	Informatiebegripsvraag
Suikerbiet, FDCA, HMF, PEF, duurzaam, atomeconomie, <i>E</i> -factor, industriële chemie	Informatiebegripsvraag
Metalen, edelmetalen, gehalte, massa, berekeningen, medailles, goud, zilver, brons, recyclen	Informatieverwerkingsvraag
Waterstof, groene brandstof, elektrolyse, brandstof	Informatiebegripsvraag
Waterstof, groene brandstof, elektrolyse, brandstof, energiebron, energiedrager	Informatiebegripsvraag
Waterstof, groene brandstof, elektrolyse, brandstofcel, ammoniak, mierenzuur, berekening	Informatiebegripsvraag
Reactievergelijkingen, hypothese, elementbehoud, Miller, Urey, aminozuren	Informatieverwerkingsvraag
Aminozuren, Miller-Urey, reactievergelijkingen, hypothese, polair, apolair	Informatieverwerkingsvraag
Aminozuren, Miller-Urey, reactievergelijkingen, hypothese, polair, apolair	Informatieverwerkingsvraag
Methaan, affakkelen, milieu, broeikasgas, methanol, duurzaam, Engelstalig artikel	Informatiebegripsvraag
Groener proces, kunstmest, blokschema, ionrooster	Informatiebegripsvraag
Thymidine, mannose, desoxyribose, carbonaatgroep, stijfheid, polymeer, amorf	Informatieverwerkingsvraag
Thymidine, mannose, desoxyribose, carbonaatgroep, stijfheid, polymeer	Informatieverwerkingsvraag
Ammoniak, stallucht wassen, chemische water, biologische water, zwavelzuur, nitriet, nitraat, milieu, halfreactie	Informatiebegripsvraag
Elektroreductie, koolstofcyclus, katalysator	Informatiebegripsvraag
Hout, lignine, cellulose, hydrotroop, <i>p</i> -TsOH	Informatiebegripsvraag

Waterstof, groene brandstof, elektrolyse, brandstof, energiedrager	Informatiebegripsvraag
Tonerpoeder, koolstof, ijzeroxide, ijzer, reactievergelijkingen, formuletaal	Informatiebegripsvraag
Tonerpoeder, koolstof, ijzeroxide, recycling, metallisch ijzer	Informatiebegripsvraag
Papier, cellulose, glucose, H-bruggen	Informatiebegripsvraag
Methaan, pyrolyse, waterstof, katalysator, inert, metaalmengsel, nikkel, bismut	Informatiebegripsvraag
Recycling, duurzaamheid, halfreacties, circulaire economie, broom, EPS	Informatiebegripsvraag
Hernieuwbaarheid grondstoffen, aspecten groene chemie, duurzaamheid	Informatieselectievraag
Glucose, zilverspiegel, Tollens reagens, zuurbasereactie	Informatiebegripsvraag
Koperverbinding, cupriet, azuriet, malachiet, chalcopryiet, zouten, formules	Informatiebegripsvraag
pH, carbonaat, oplosbaarheid, toepassing zout	Informatiebegripsvraag
Fosfaat, landbouw, P-AL, P-PAE, ruwfosfaat, hergebruik, superfosfaat, dubbelsuperfosfaat, tripelsuperfosfaat, pH, zuurbasereacties	Informatiebegripsvraag
Radioactiviteit, RIVM, periodiek systeem, ruthenium-106	Informatiebegripsvraag
Fotozuur, zonlicht, zilt water, membraan, protonen, ionenwisseling	Informatiebegripsvraag
Water, ijs, bevriezen, smelten, endotherm, exotherm, microniveau, macroniveau	Informatiebegripsvraag
Biogas, mest, vergisting, groene stroom, milieu, duurzaamheid	Informatiebegripsvraag
Koolhydraten, COD, duurzaam proces, lactose, melkzuur, carbonzuur, wei	Informatiebegripsvraag
Polymeren, waterstofbruggen, zelfherstellend	Informatiebegripsvraag
Polymeren, waterstofbruggen, zelfherstellend	Informatiebegripsvraag
Waterstof, verbranding, elektrolyse, energiedrager, vermogen, energie	Informatiebegripsvraag
Vacuümdestillatie, destillaat, residu, berekening, alcoholvrij	Informatiebegripsvraag
Explosie, methaan	Informatiebegripsvraag

CO ₂ afvangen, membraan, nieuwe brandstoffen maken	Informatiebegripsvraag
Halfreacties, reactieomstandigheden, permenganaation, etheen, duurzaamheid	Informatiebegripsvraag
Mierenzuur, bacterie, formiaat, pH, evenwicht	Informatiebegripsvraag
Polymeer, calciumionen, netwerk, weekmaker, waterstofbruggen, polyadditie, initiator, zuur-base	Informatiebegripsvraag
Polymeer, calciumionen, netwerk, weekmaker, waterstofbruggen, polyadditie, initiator, zuur-base	Informatiebegripsvraag
Sporter, vitamines, voeding, gezondheid	Standpuntvraag
Malacidines, antibiotica, resistent, aminozuren, stereoisomerie, asymmetrisch C-atoom, H-bruggen	Informatiebegripsvraag
Waterstof, koolstofdioxide, duurzaam, koolstofvoetafdruk	Informatiebegripsvraag
Polysacharide, zuurstof, bloed, oppervlakte-actief, micel, hydrofiel, hydrofoob	Informatiebegripsvraag
DTG, MDTG, medicijn, ester, copolymeer, ethyleenglycol, propyleenglycol	Informatiebegripsvraag
Cellulose, hemicellulose, H-bruggen, supersterk	Informatiebegripsvraag
Indigo, leuco-indigo, redox, indool, indoxyl, indicaan	Informatiegebripsvraag
Atoombinding, eenheidscel, volume bol, tetraëder, mol	Informatiebegripsvraag
Atoombinding, eenheidscel, volume bol, tetraëder, mol	Informatiebegripsvraag
Interstellaire ruimte, benzonitril, IR-spectroscopie	Informatiebegripsvraag
FDCA, HMF, FDCE, fructose, biotechnologie, Avantium, Corbion	Informatiebegripsvraag
Mierenzuur, waterstof, koolstofdioxide, hydrozine, duurzaam, Engelstalig artikel	Informatiebegripsvraag

Zoutzuur, elektrolyse, groene waterstof, zuur-base, calciumcarbonaat, chloor, waterstof	Informatiebegripsvraag
Exotherm, oxidatie, vormingswarmte	Informatiebegripsvraag
Nucleofiel, katalysator, structuur eiwit, hydrolyse	Informatiebegripsvraag
Kauwgom, recyclen, nieuwe gypies, scheidingsmethoden, chemische reacties	Informatiebegripsvraag
Kauwgom, recyclen, nieuwe gypies, oude kauwgom, crosslinks, poly-etheenvinylacetaat, poly-isopreen, poly-styreenvinylacetaat	Informatiebegripsvraag
Afval, methanol, synthesesgas, milieu, groene brandstof	Informatiebegripsvraag
Reactievergelijking, ammoniak, waterstof, blokschema, energie	Informatiebegripsvraag
Vormingsenthalpie, ammoniak, waterstof	Informatiebegripsvraag
Zink, complex ion, ferri, ferriet, elektrolyse, halfreactie	Informatiebegripsvraag
Kunstmest, ammoniumnitraat, stikstof, nitrificatie, ureum, KAS	Informatiebegripsvraag
Schaliegas, stoomkraken, milieu, katalysator, elektrolyt, ethaan, etheen	Informatiebegripsvraag
Plastic, polymeren, recyclen, GBL, gamma-butyrolacton, ester, energiediagram	Informatiebegripsvraag
Waterstof, duurzaam, brandstofcel, chloorfabriek, milieu	Informatiebegripsvraag
Aardolie, kraken, katalysator, brandstoffen, alkenen, micro. Macro, blokschema	Informatiebegripsvraag
Vorinostat, medicijn, octrooi, resistentie, melanoom, antioxidant, atomeconomie, <i>E</i> -factor	Informatiebegripsvraag
Ammoniak, Haber-Boschproces, elektrolyse, protonen, palladium, katalysator, Groshuss-mechanisme, evenwicht	Informatiebegripsvraag
Zoutwinning, elektrolyse, chloor, waterstof, duurzaam, chloorfabriek, milieu	Informatiebegripsvraag
PET, bacterie, Ideonella Sakaiensis, hydrolyse, PETase, enzymwerking, eiwit, katalytische triade, reactiemechanisme, activiteit	Informatiebegripsvraag
Waterstofeconomie, energievoorziening	Informatiebegripsvraag
Elektrochemie, waterstof, koolstofmono-oxide, mierenzuur, methanol	Informatiebegripsvraag
Brandvoorwaarden, reactievergelijking, drukgolf, munitie	Informatiebegripsvraag

Productie ijzer, fossielvrij, innovatief proces, duurzaam, reactievergelijkingen	Informatiebegripsvraag
Productie ijzer, innovatief proces, atoomeconomie, reactiewarmte, principes Groene Chemie	Informatiebegripsvraag
Polayadditie, copolymeer, initator, monomeer, cortisol, geleiding, ester, crosslink, radicaalmechanisme, membraan	Informatiebegripsvraag
Methionine, methional, enzymen, methylmercaptan, HCN, essentieel aminozuur, decarboxylering, pratische gasdruk	Informatiebegripsvraag
Perovskiet, zonnecel, methylammonium, eenheidscel, oplosbaarheid, kristalrooster, evenwicht	Informatiebegripsvraag
Elektrolyse, waterstof, duurzaam, milieu, brandstofcel, reactiewarmte, halfreactie	Informatiebegripsvraag
Gel, pectine, Ca^{2+} , crosslinks, evenwichtsvoorwaarde	Informatiebewerkingsvraag
Nafta, fractie, destillatie, alkenen, structuurformules	Informatiebegripsvraag
Nafta, fractie, destillatie, alkenen, structuurformules, xylenen, polymeren	Informatiebegripsvraag
PET, PEF, MeFDCA, biomassa, polymerisatiegraad	Informatiebegripsvraag
Magnesiumchloride, toepassingen, struviet	Informatiebegripsvraag
Plastic, afbraak, polymeren, mechanisme	Informatieverwerkingsvraag
Uraan, yellow cake, acrylnitril, acrylester, adsorptie, copolymeer, amidoxime, carboxyl, hydroxylamine	Informatiebegripsvraag
Pyriet, reactievergelijking, exotherm	Informatiebegripsvraag
Pyriet, reactie-energie, vormingswarmte, S_N^2 , FeS_2 , verdelingsgraad, activeringsenergie	Informatiebegripsvraag
Nitreuze dampen, koolstofdioxide, reactievergelijkingen	Informatieverwerkingsvraag
Waterstof, ammoniak, elektrolyse, groene stroom, haalbaarheid, rendement	Informatiebegripsvraag
Etheen, polyetheen, petroleum, suikerriet, Groene Chemie, atoomeconomie	Informatieverwerkingsvraag
PET, recycling, glycol, monomeer, evenwicht	Informatiebegripsvraag
PET, recycling, glycol, monomeer, evenwicht, BHET, scheidingsmethoden	Informatiebegripsvraag

Terpenen, vleesetende plant, cis-trans isomerie, enzymen, eiwitten	Informatiebegripsvraag
Waterstof, CO ₂ , broekasgas	Informatieverwerkingsvraag
Hallfreactie, bron waterstof, deuterium	Informatieverwerkingsvraag
Mierenzuur, amfetamine, drugsafval, atomeconomie, E-factor, formaide, zuur-base	Informatiebegripsvraag
gemethyleerde alfa-dextrine, freon-11, radicaal, hydrofoob, volume holte	Informatieverwerkingsvraag
Waterafstotendheid, polair, micro, meso, macro, structuur. Impregneersnelheid, polymeermolecuul	Informatiebegripsvraag
Elektrolyse, waterstof, symbiose, CO ₂ -reductie, energie, berekening	Informatiebegripsvraag
Caviatie, afvalwater, OH-radicaal, splitsing water, waterstofperoxide, massapercentage	Informatiebegripsvraag
Halfreacties, elektrolyse, oplaadbaar, zink, zuurstof, bronspanning, zonne-energie, duurzaamheid	Informatiebewerkingsvraag
PLA, melkzuur, 3D-printer, lithium-ionbatterij, nano, grafeen, LiClO ₄ , lithiumtitaanaat, koolstofnanobuisjes	Informatiebegripsvraag
Voorwaarden voor mummificeren, drogen, massabehoud	Informatiebegripsvraag
Dubbelzout, hydraat, drogen, antibacteriële stoffen, biodegradeerbaarheid	Informatiebegripsvraag
Halfreactie, waterstofbrug, IR, amidegroep, gel, bladgroenkorrel, zetmeel, maltose, glucose	Informatieselectievraag
Ijzer, roest, reactievergelijking, recycling, metaalbrandstof, Tata Steel, kringloopschema, duurzame energie	Informatieselectievraag
Berekening, ijzer, verbranding, verdelingsgraad, roest, Fe ₂ O ₃ , vormingswarmte, reactiewarmte, duurzame energie	Informatieselectievraag
3D-printen, klegering, amorf, kristallijn, rekenen met gehalten	Informatiebegripsvraag
Bierbereiding, reactievergelijking, zetmeel, fermentatie	Informatiebewerkingsvraag
Ijzer, roesten, corrosie, pH, halfreacties, betonrot	Informatiebegripsvraag
Melkzuur, PLA, lactide, oligomeer, polyester, katalysator	Informatiebegripsvraag
Duurzaamheid, deodorant, plantaardig	Informatiebegripsvraag

[illegible]

[illegible]

1. Introduction

2. Background

3. Methodology

4. Results

5. Discussion

6. Conclusion

7. References

8. Appendix

9. Acknowledgments

10. Contact Information

11. Disclaimer

12. Glossary

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text]

[Redacted text]

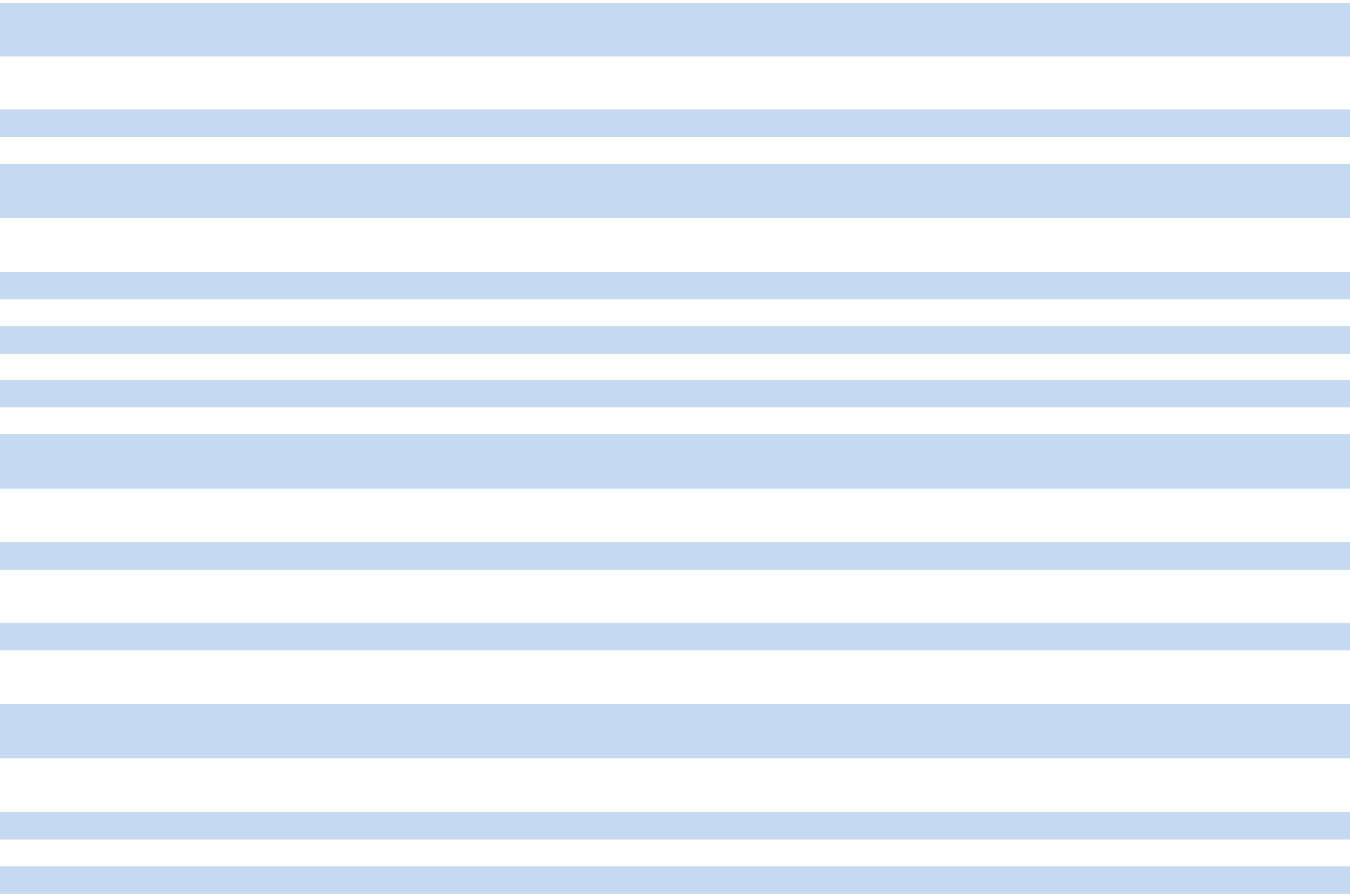
[Redacted text]

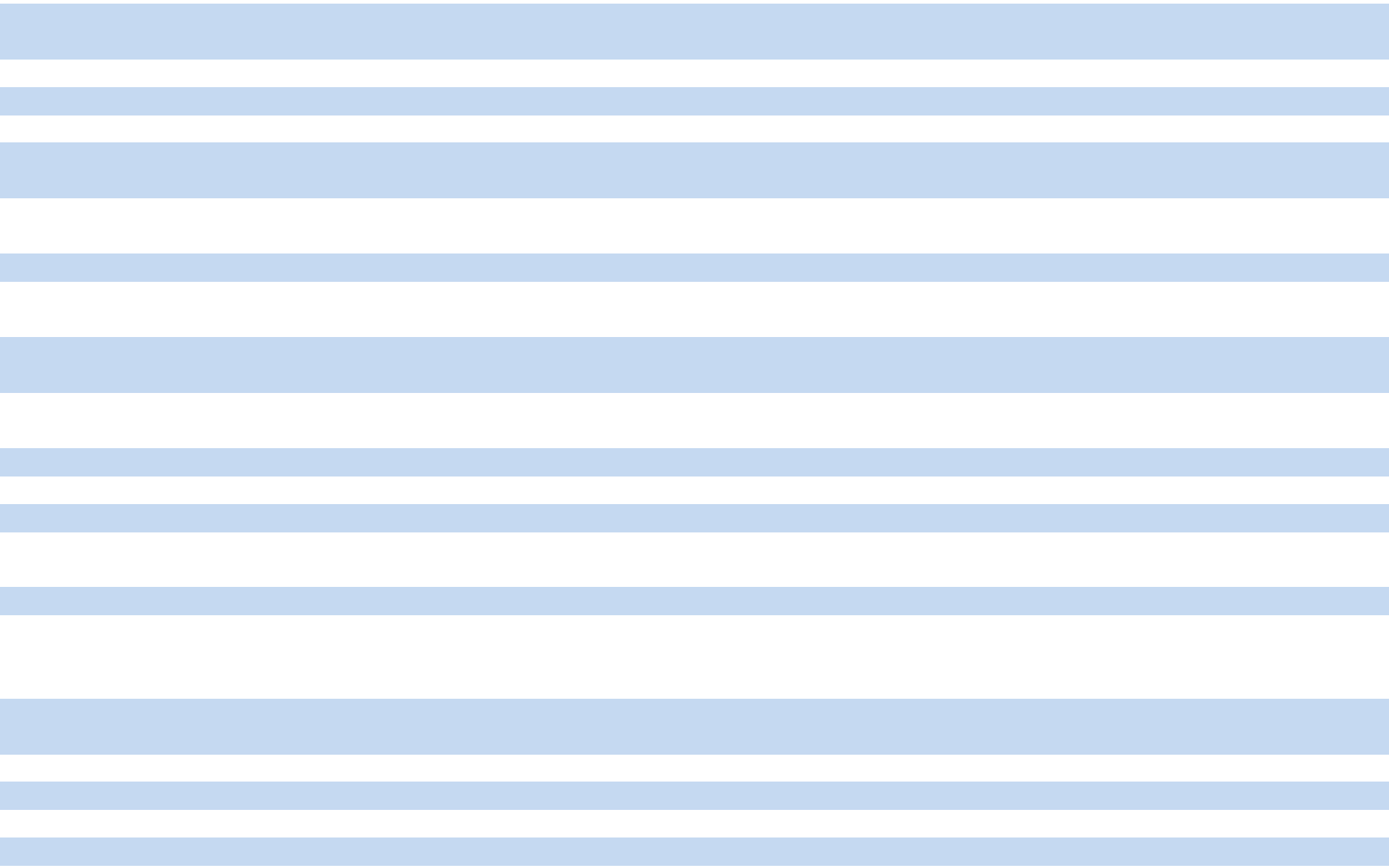
[Redacted text]

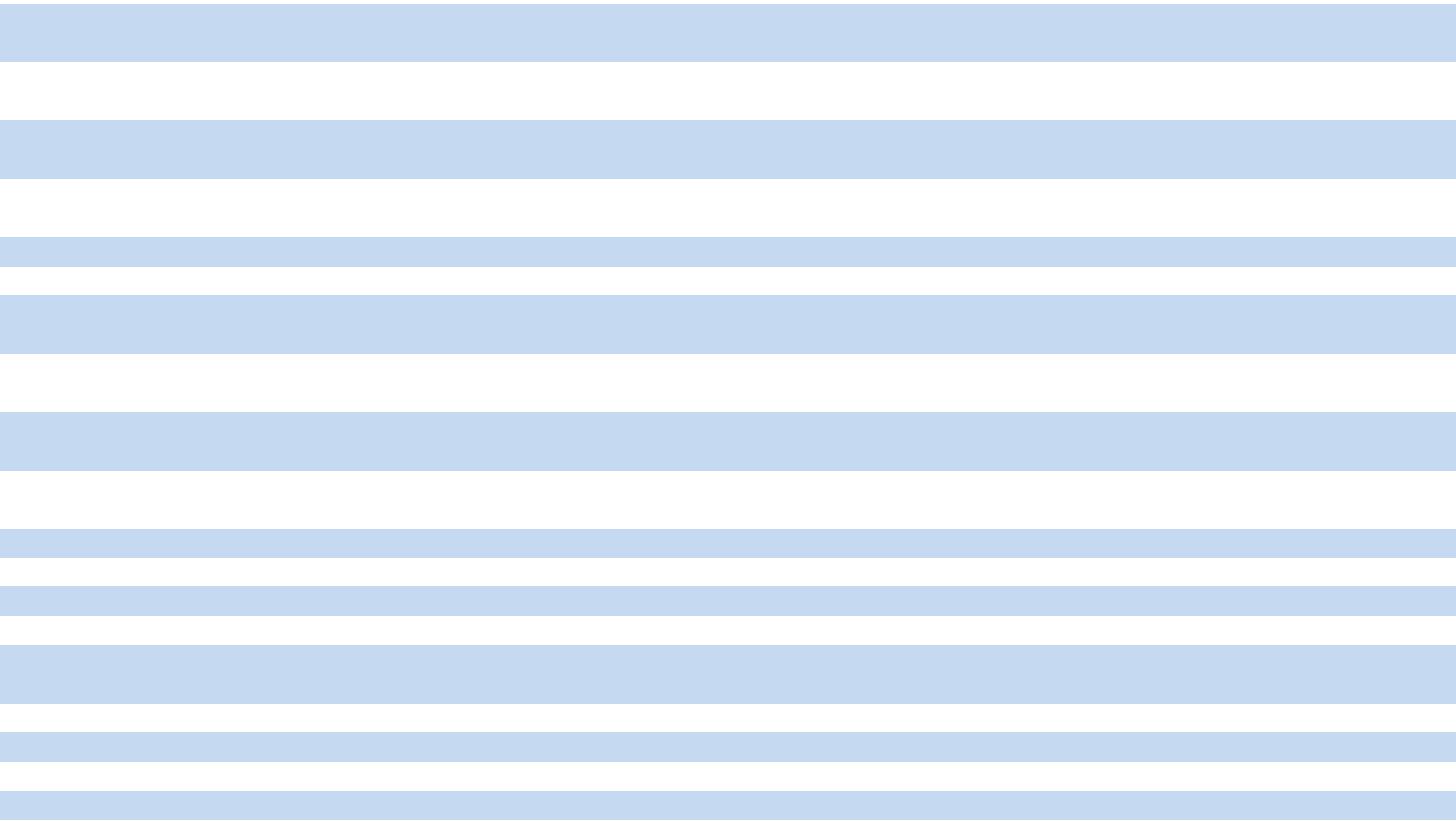
[Redacted text]

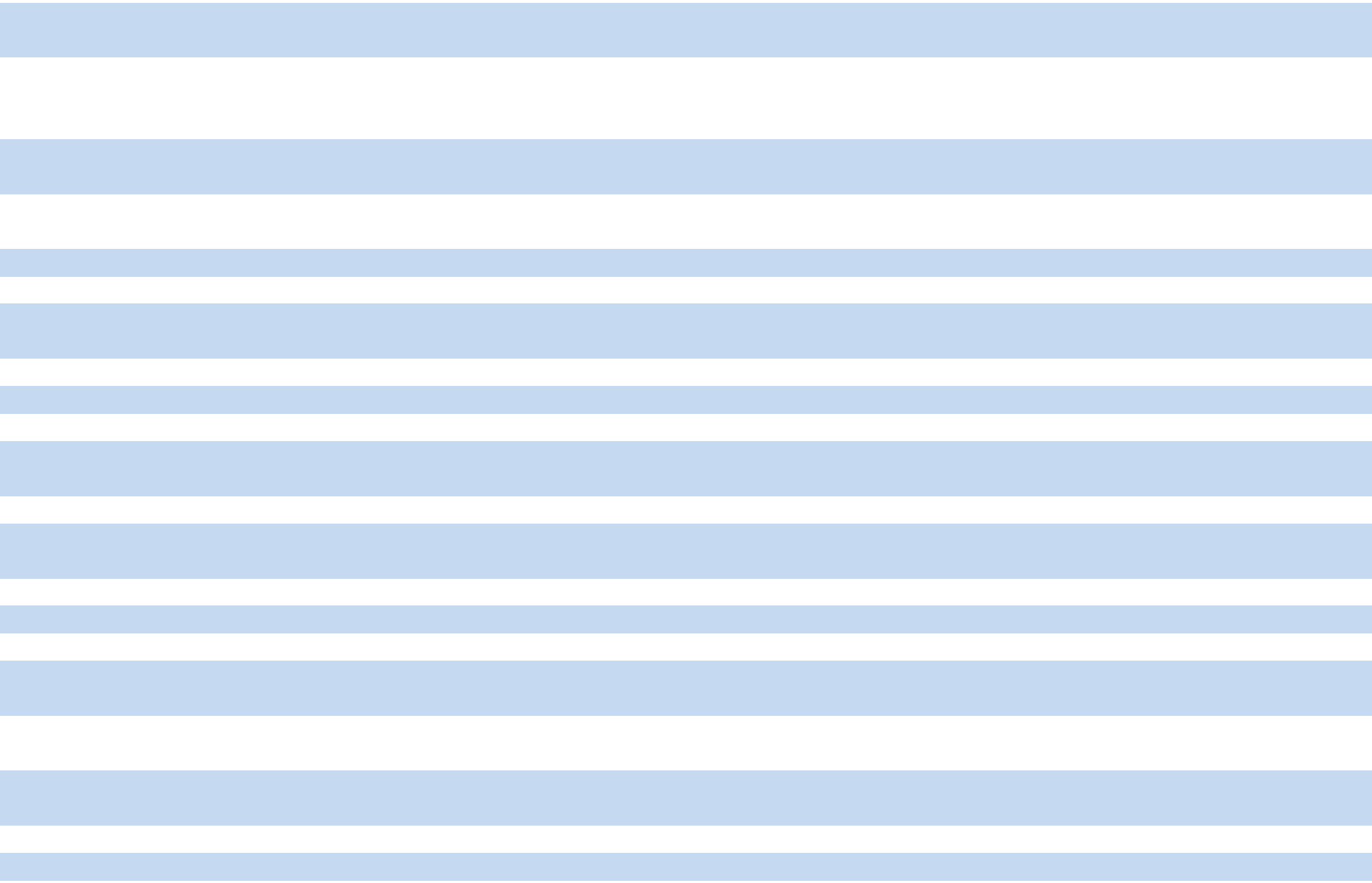
[Redacted text]

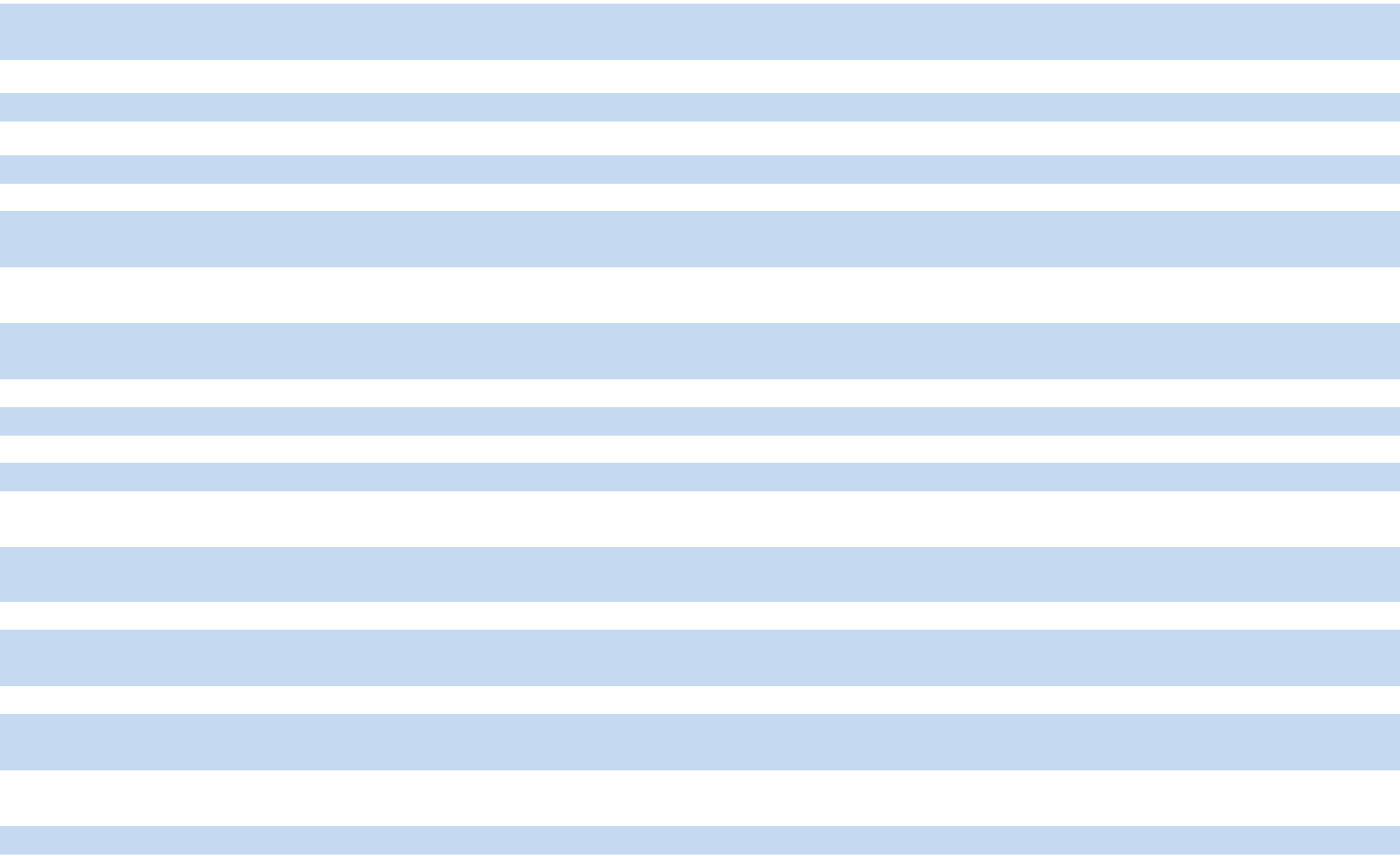
[Redacted text]











[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

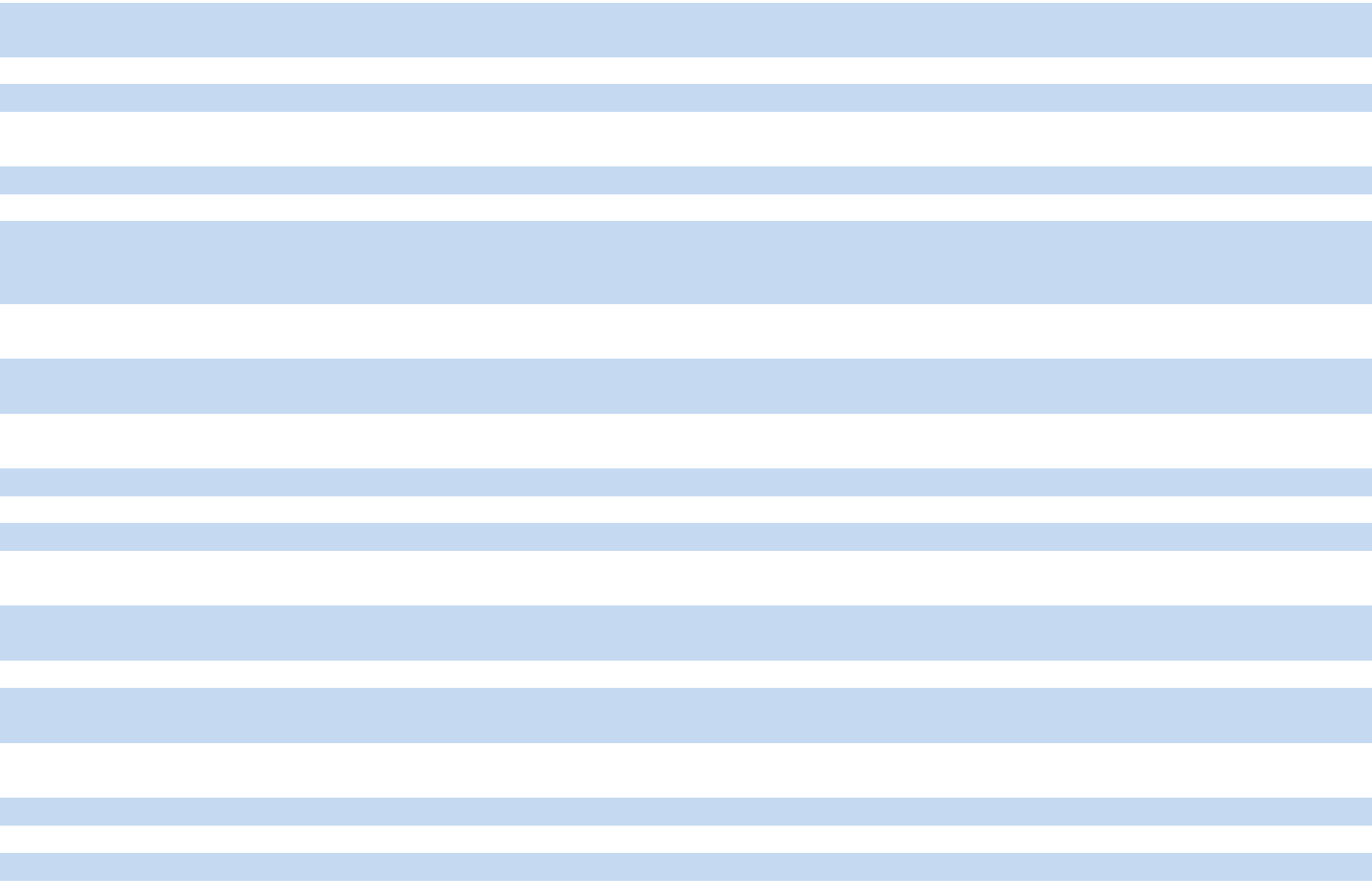
[Redacted text block]

[Redacted text line]

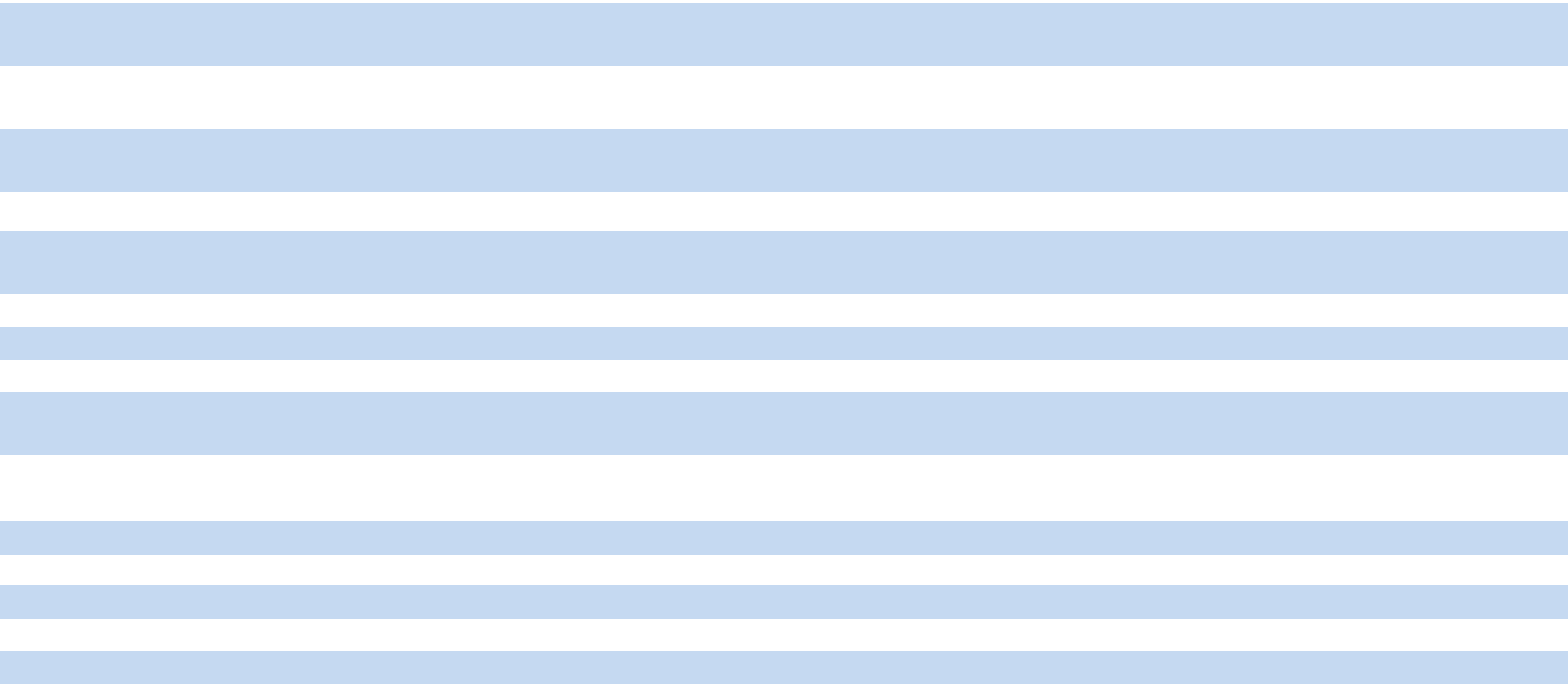
[Redacted text line]

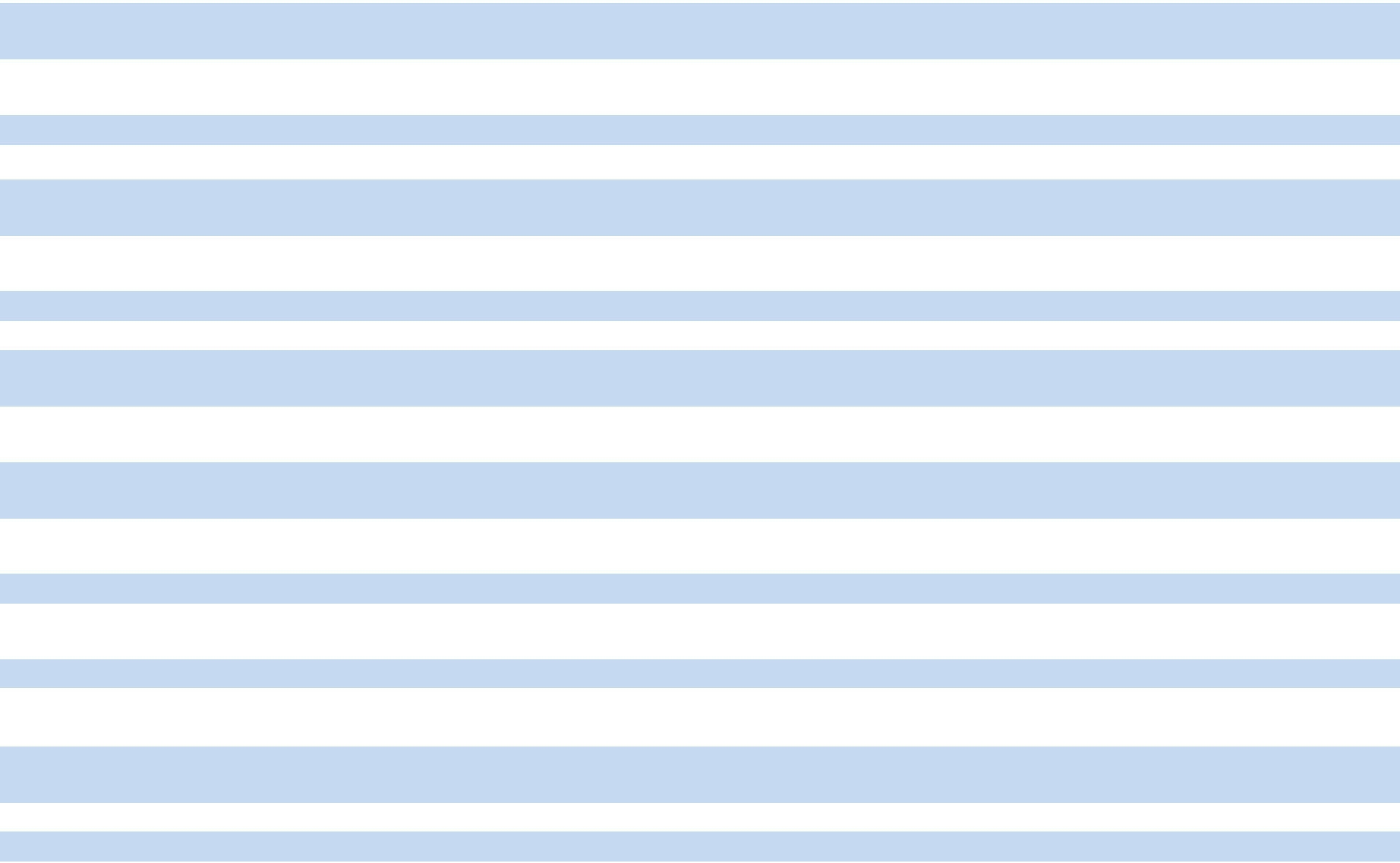
[Redacted text line]

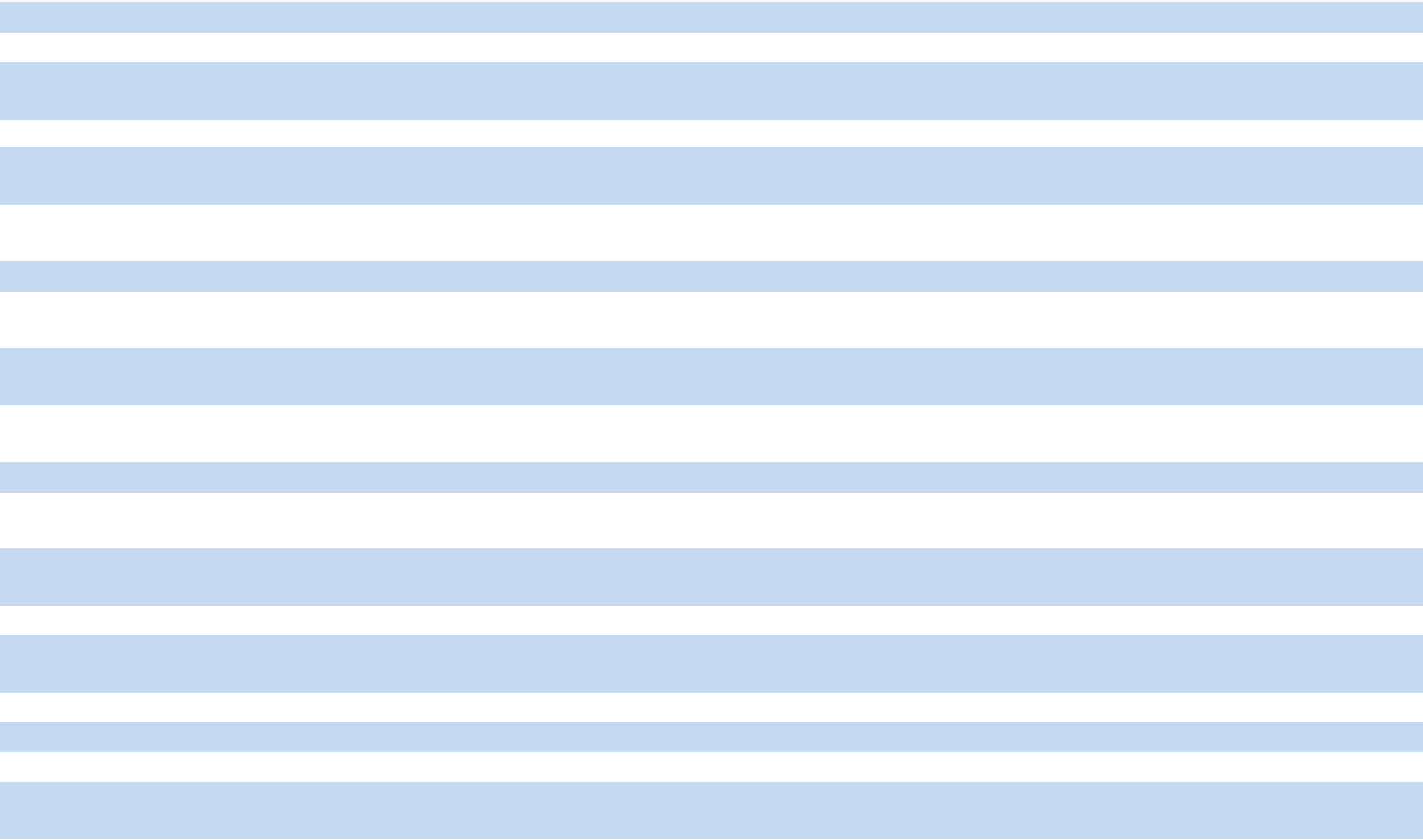
[Redacted text line]











[Redacted text line]

[Redacted text block]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

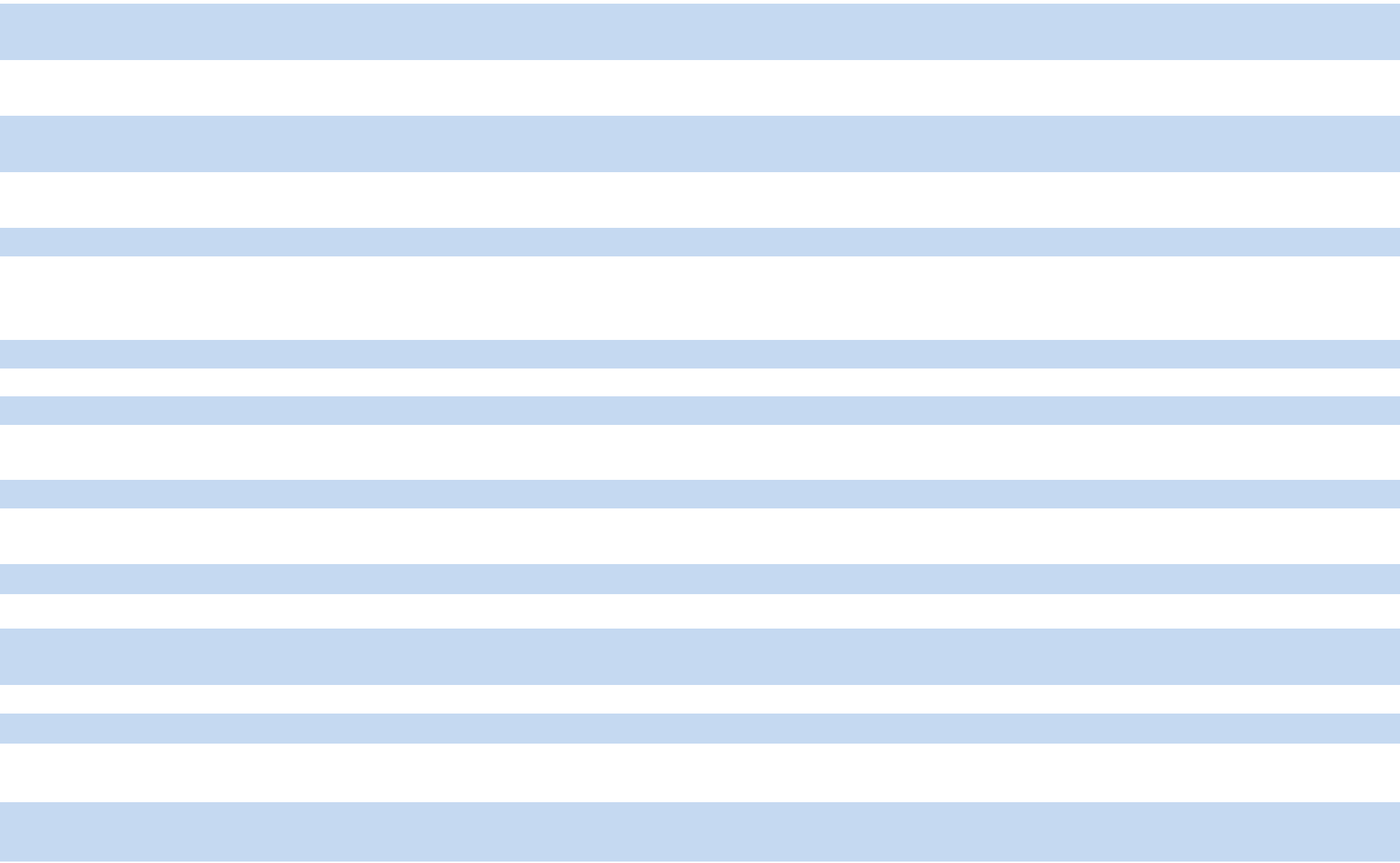
[Redacted text line]

[Redacted text block]

[Redacted text line]

[Redacted text block]

[Redacted text line]



Red horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

Blue horizontal bar

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

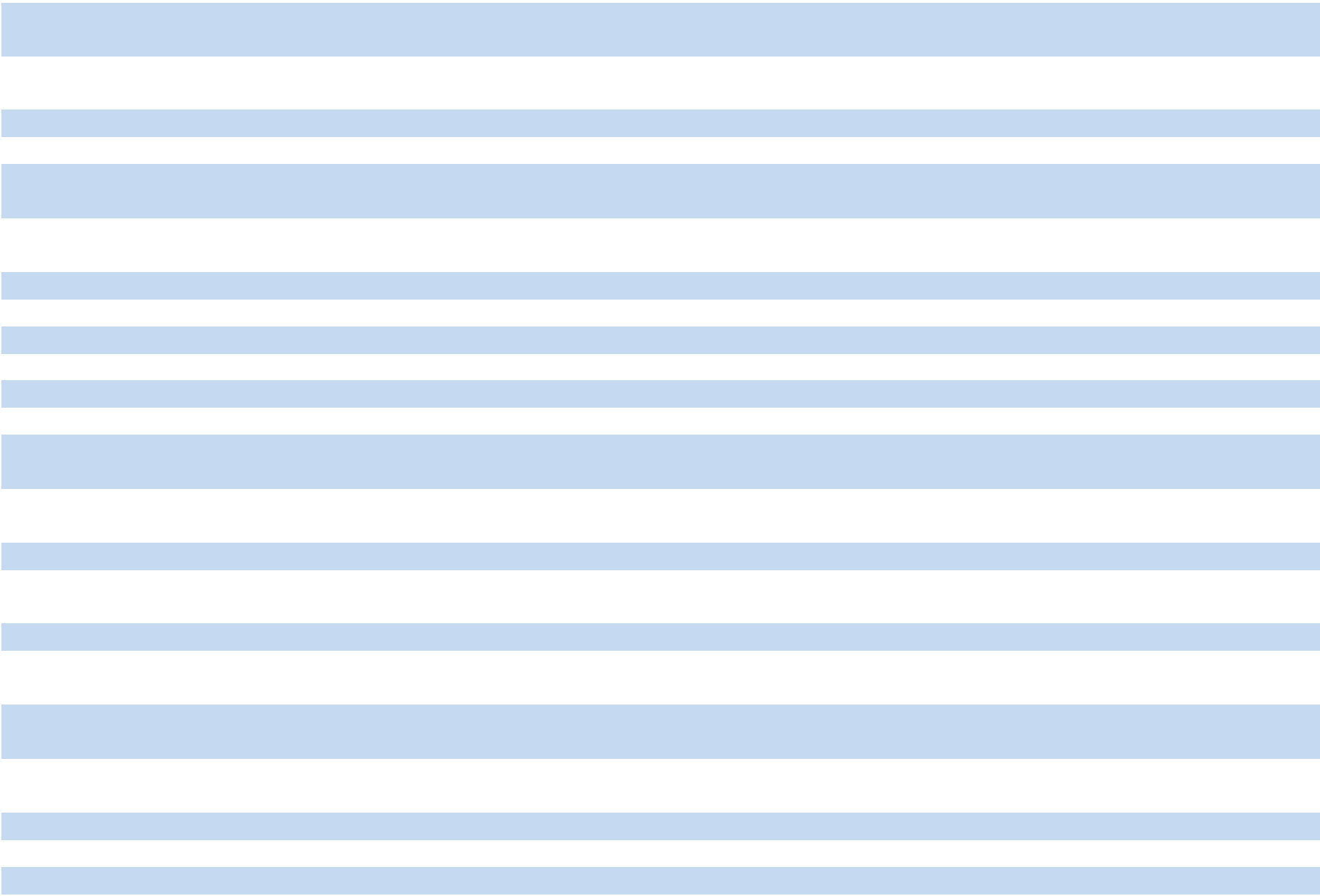
[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]



[illegible]

[illegible]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text block]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text block]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

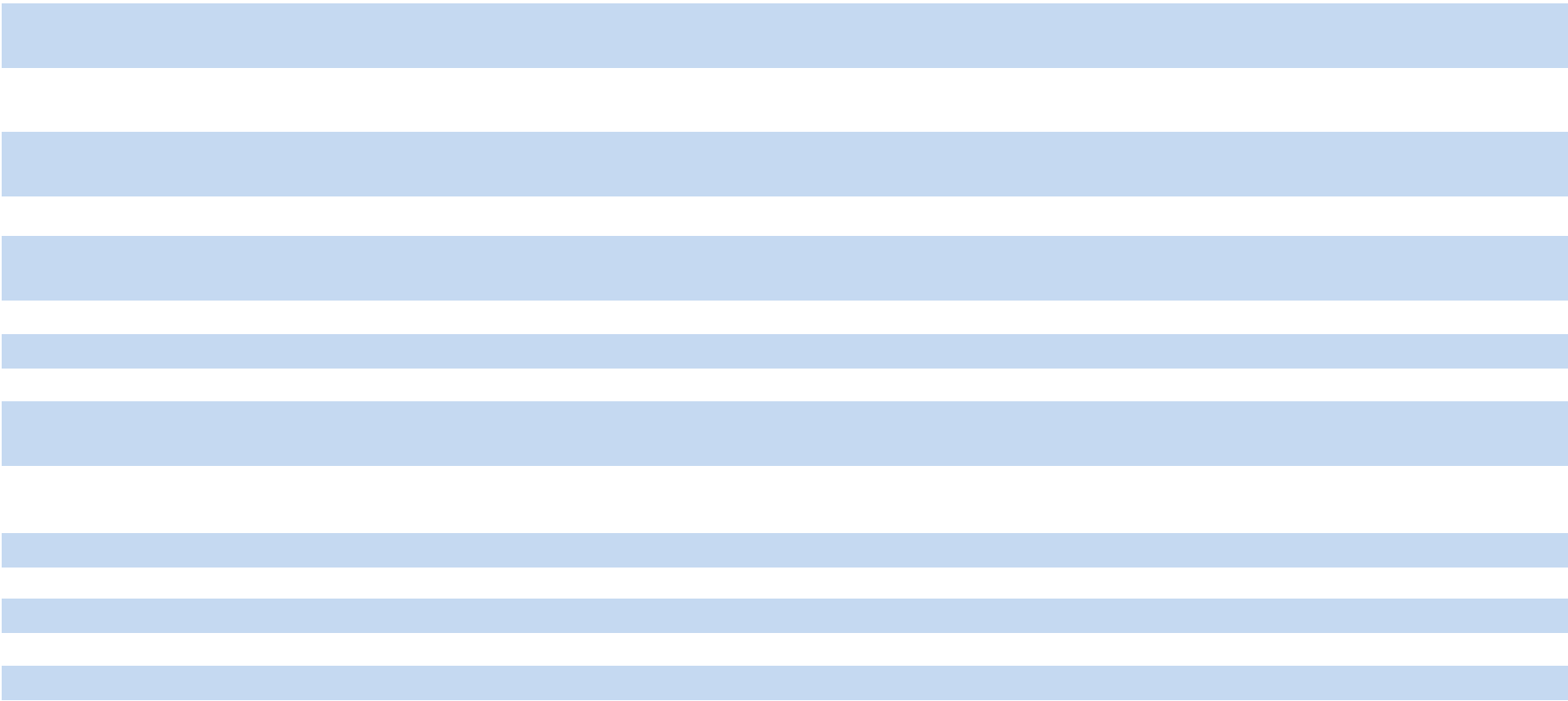
[Redacted text line]

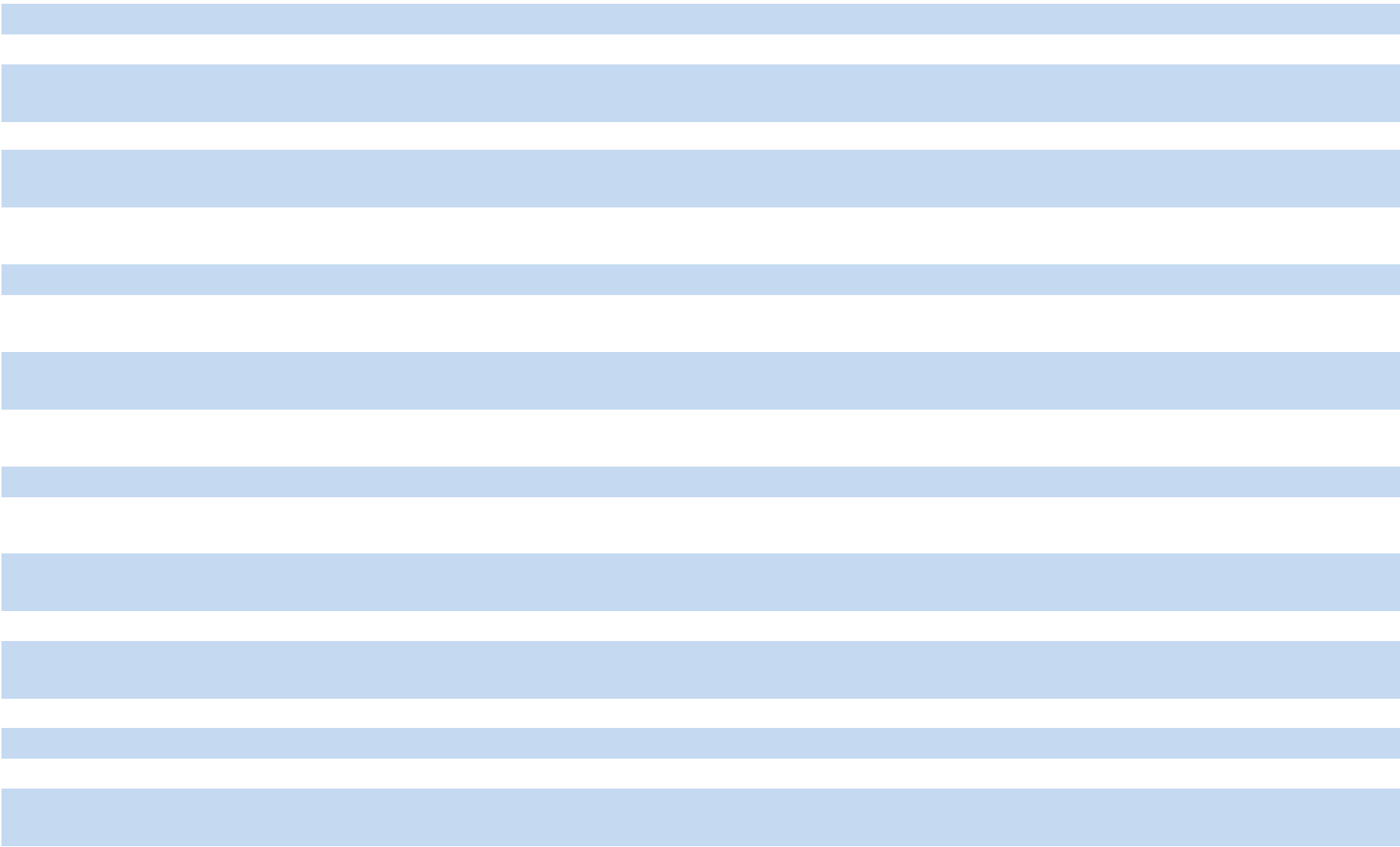
[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]







[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]

1. Introduction

2. Background

3. Methodology

4. Results

5. Discussion

6. Conclusion

7. References

8. Appendix

9. Acknowledgments

10. Contact Information

11. Disclaimer

12. Glossary

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]



[Redacted text]

[Redacted text]

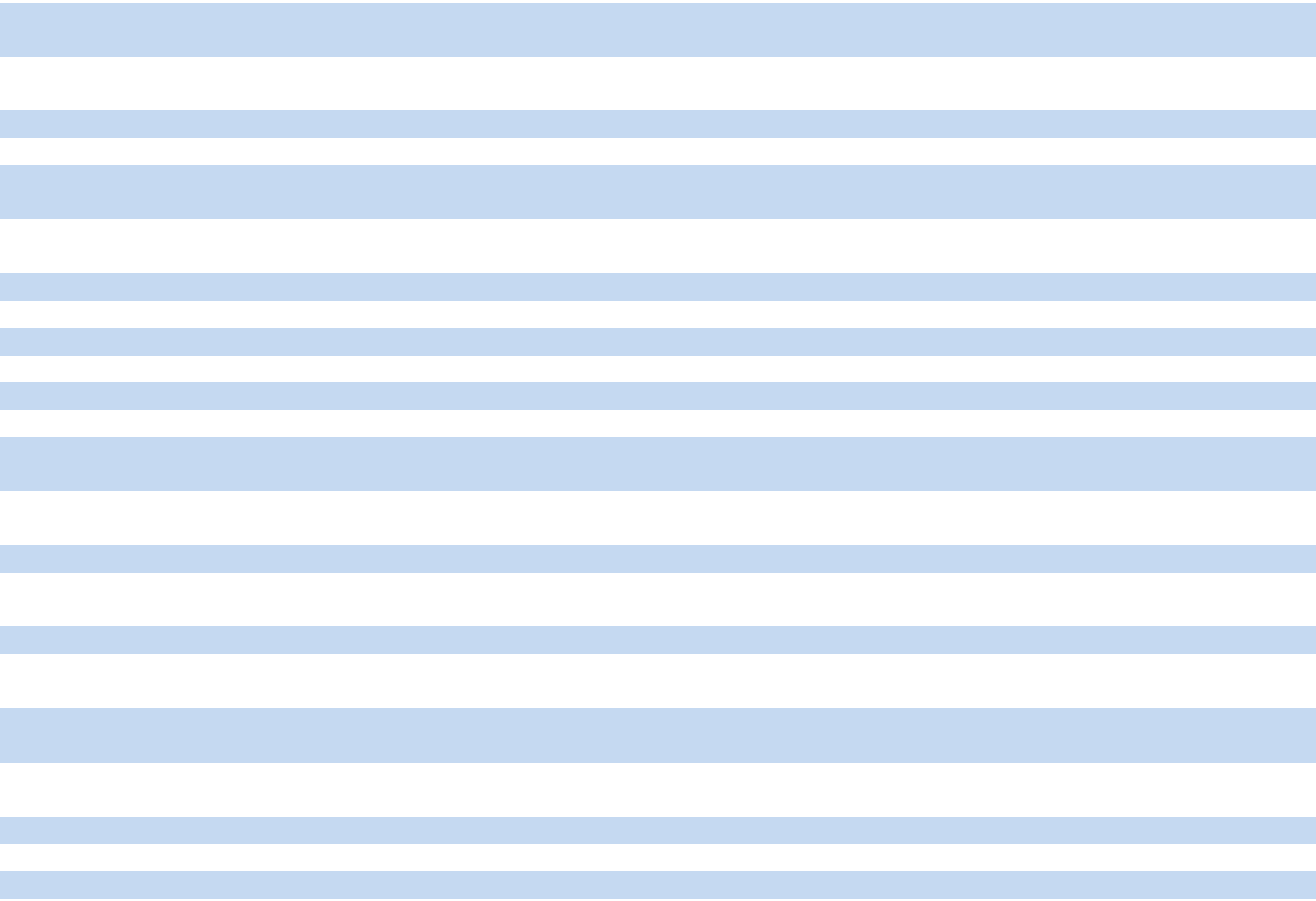
[Redacted text]

[Redacted text]

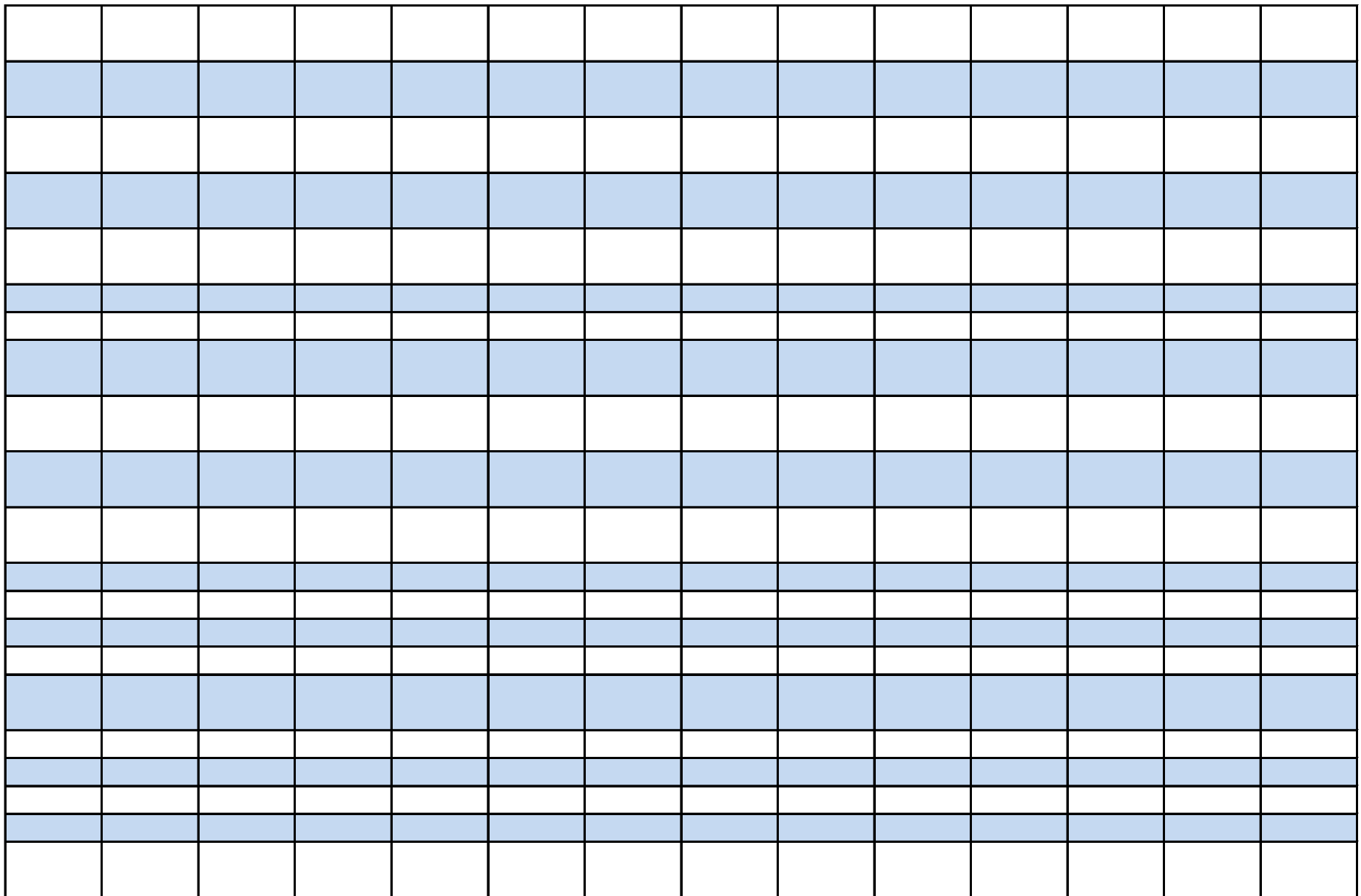
[Redacted text]

[Redacted text]

[Redacted text]



[illegible]



[illegible]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

[Redacted text line]

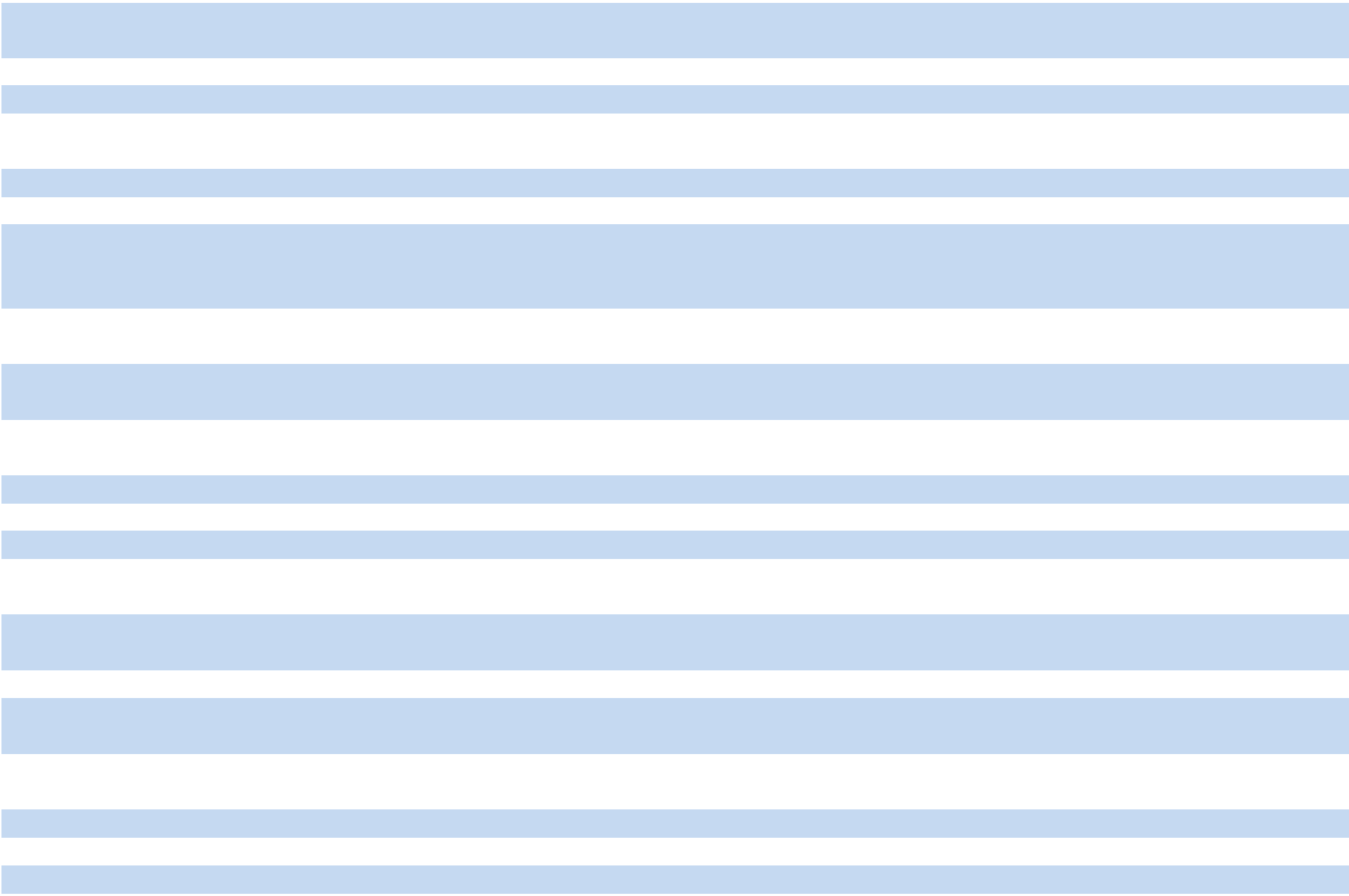
[Redacted text block]

[Redacted text line]

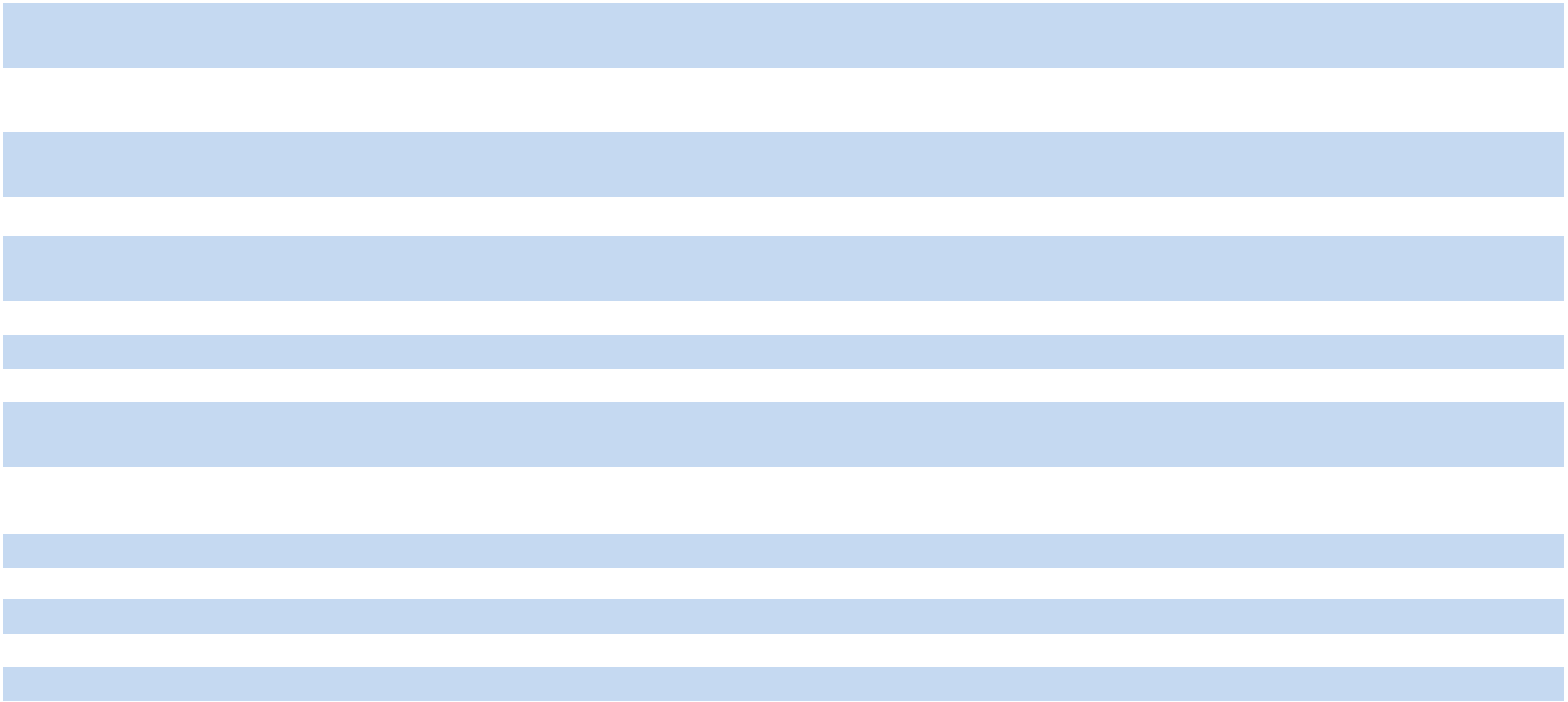
[Redacted text line]

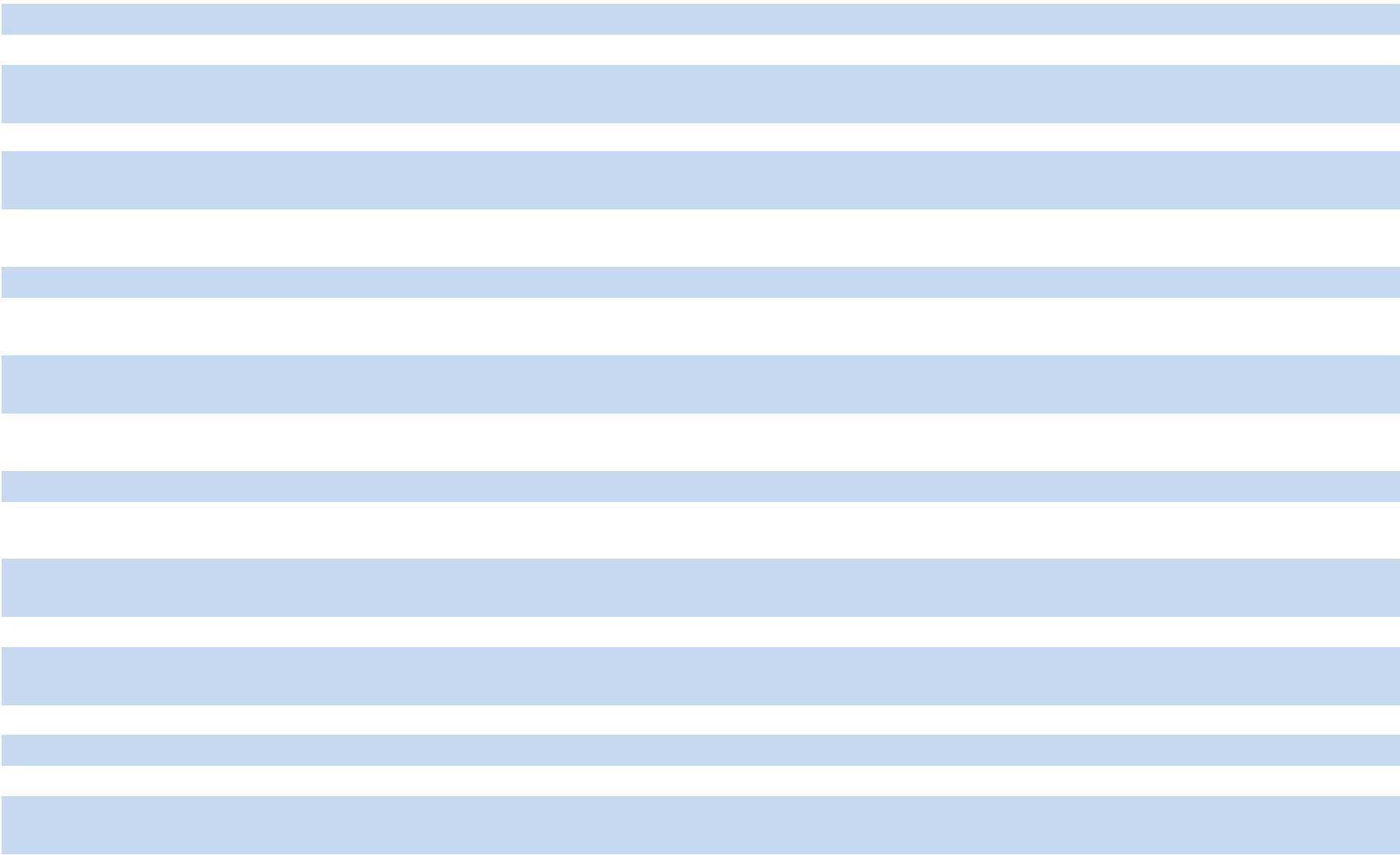
[Redacted text line]

[Redacted text line]









[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

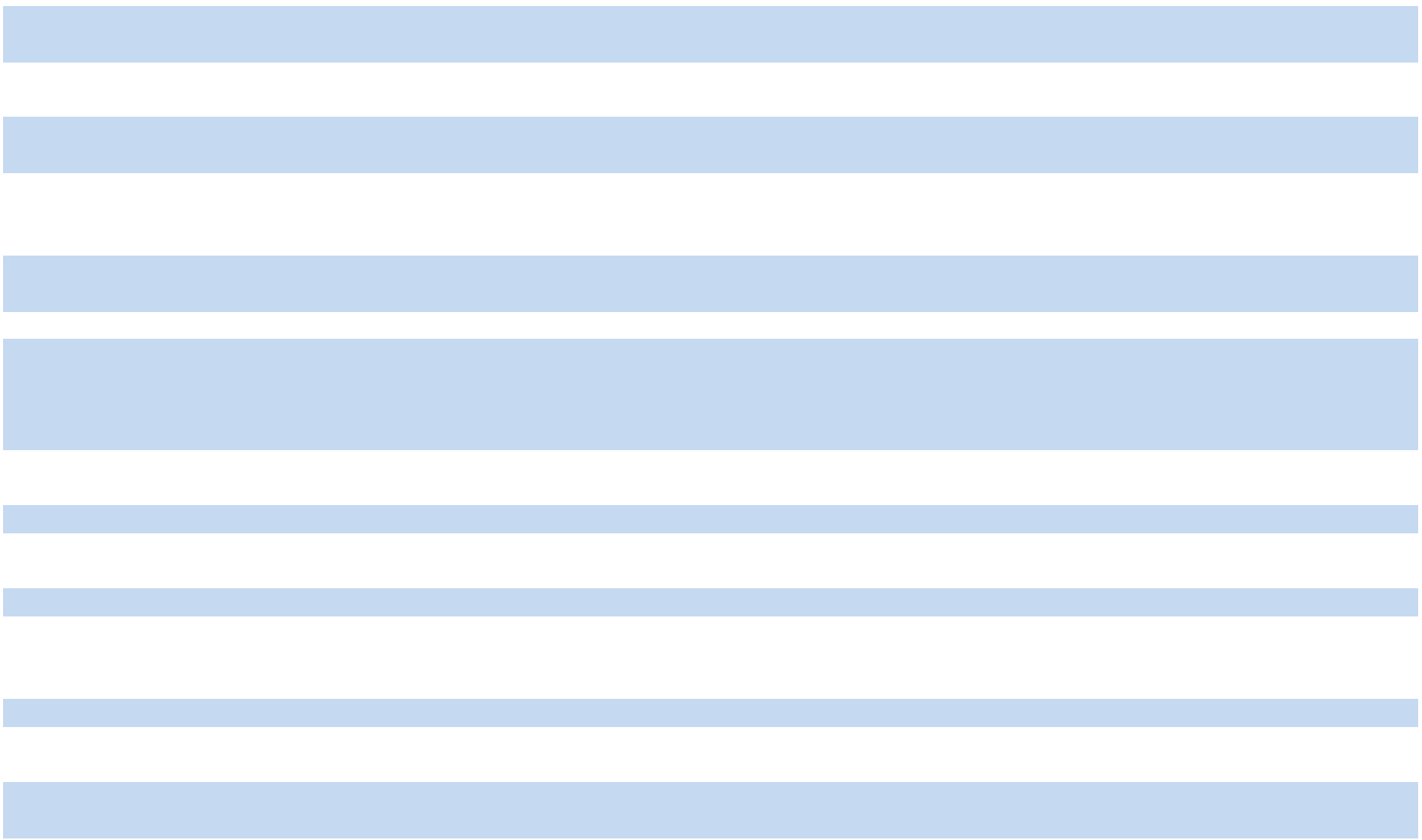
[Redacted text block]

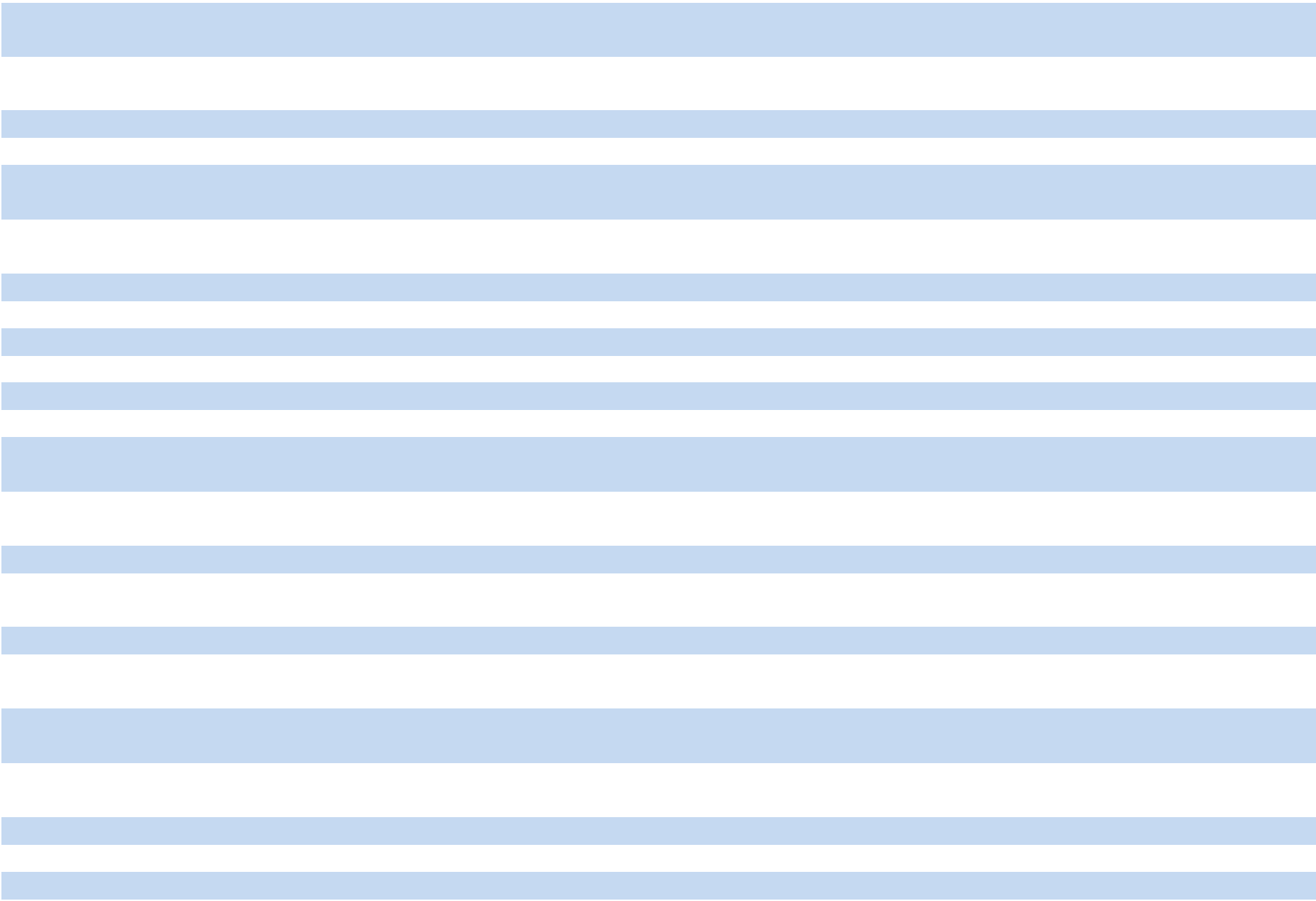
[Redacted text block]

[Redacted text block]

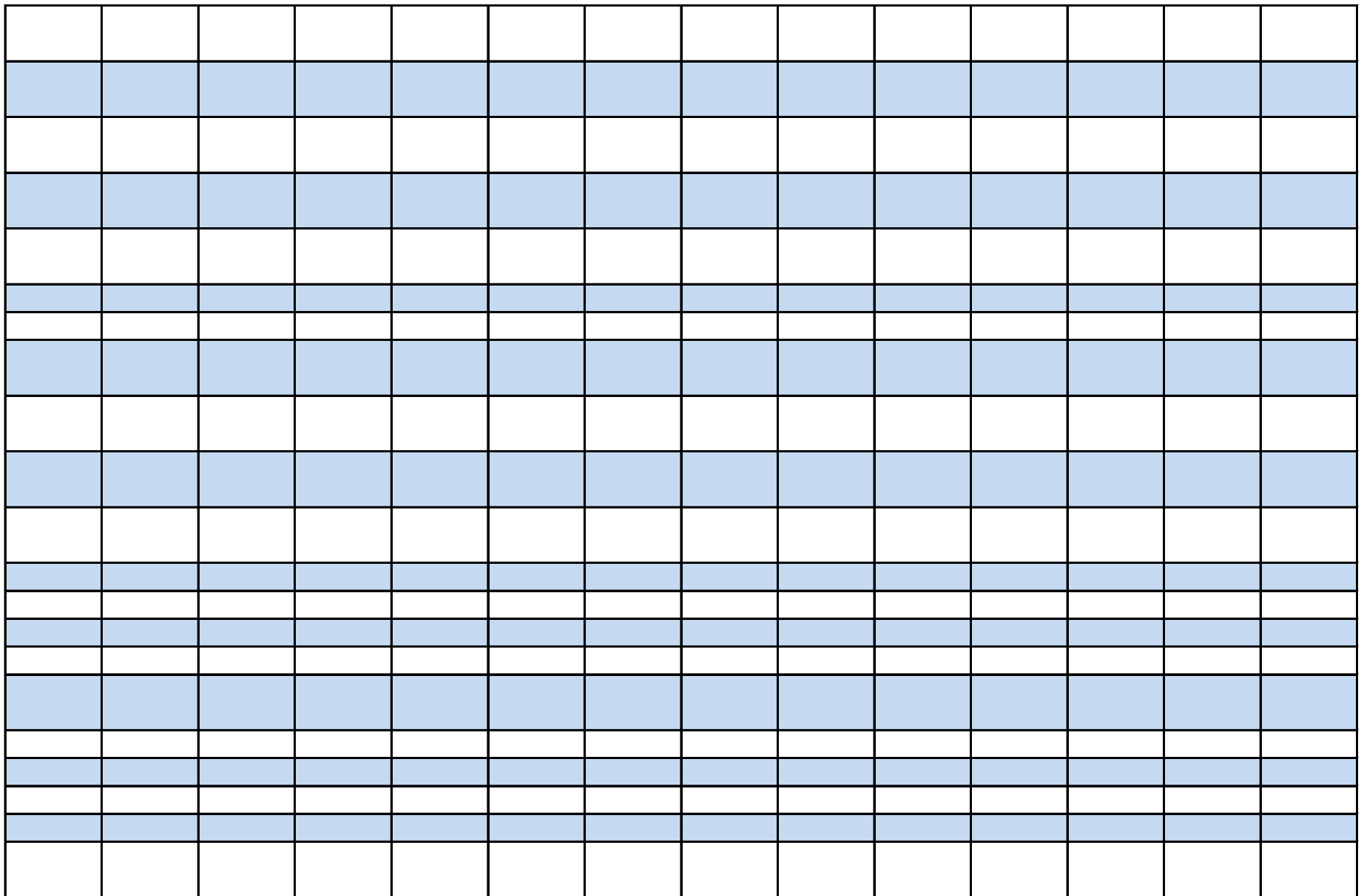
[Redacted text block]

[Redacted text block]

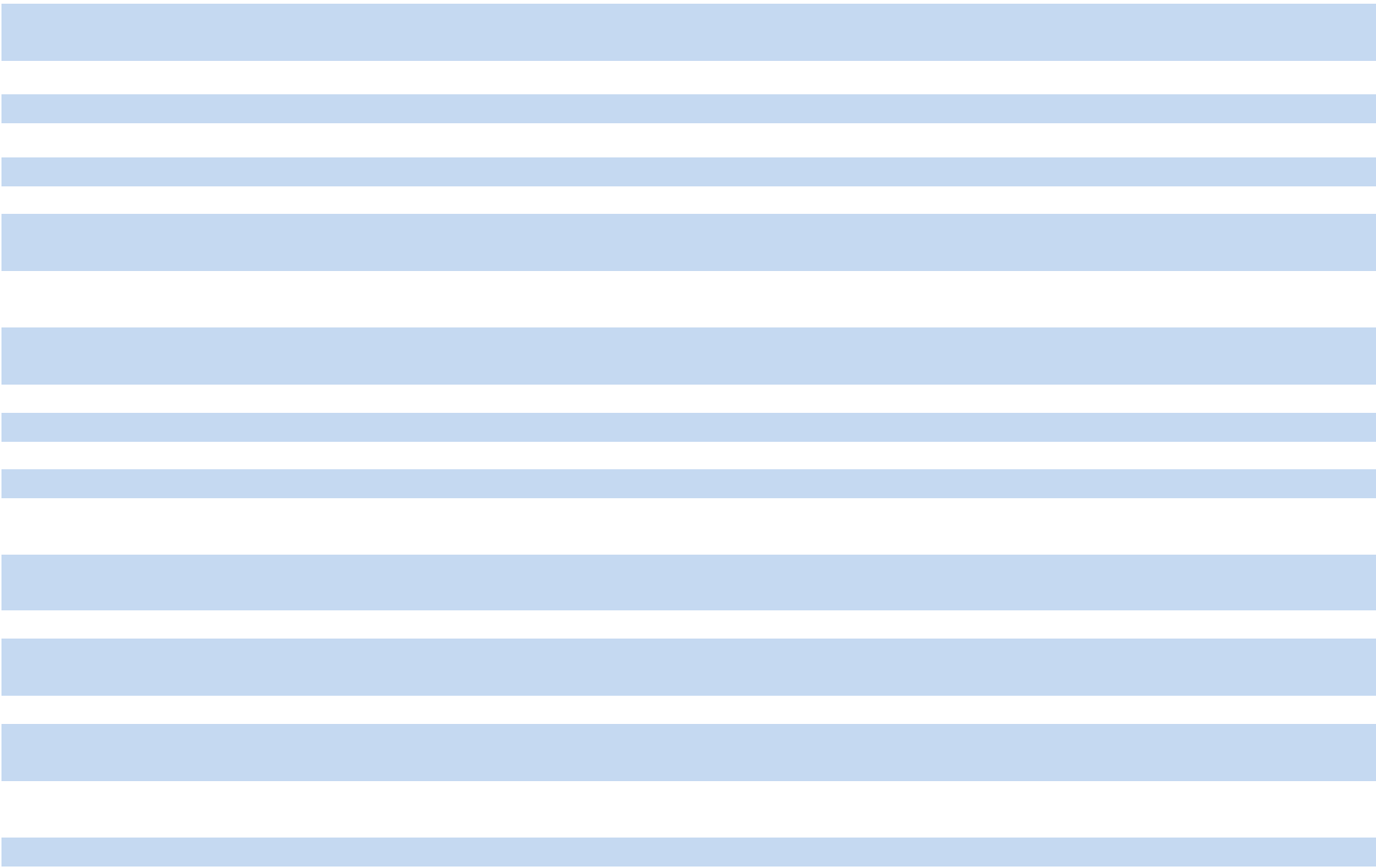


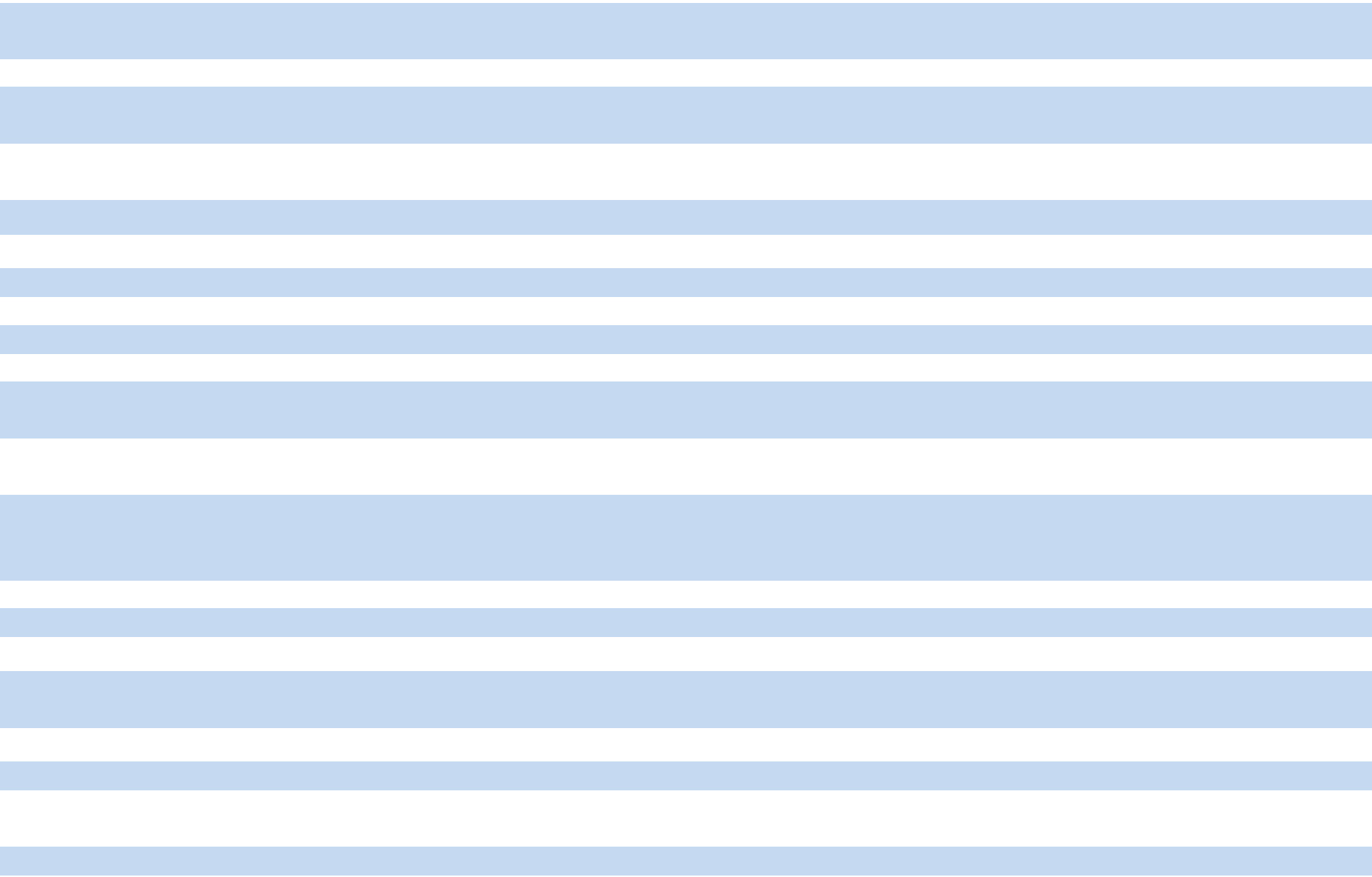


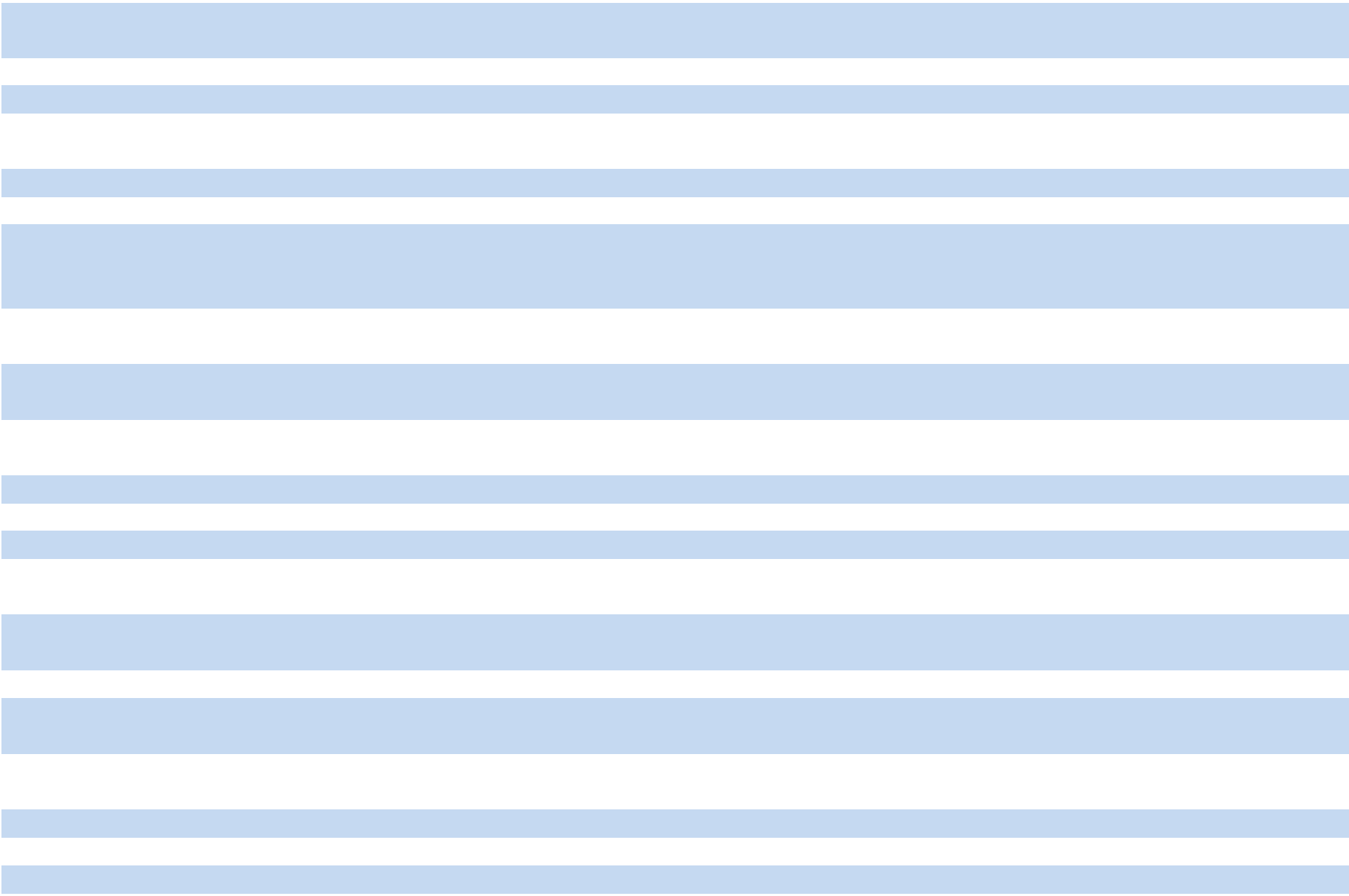
[illegible]



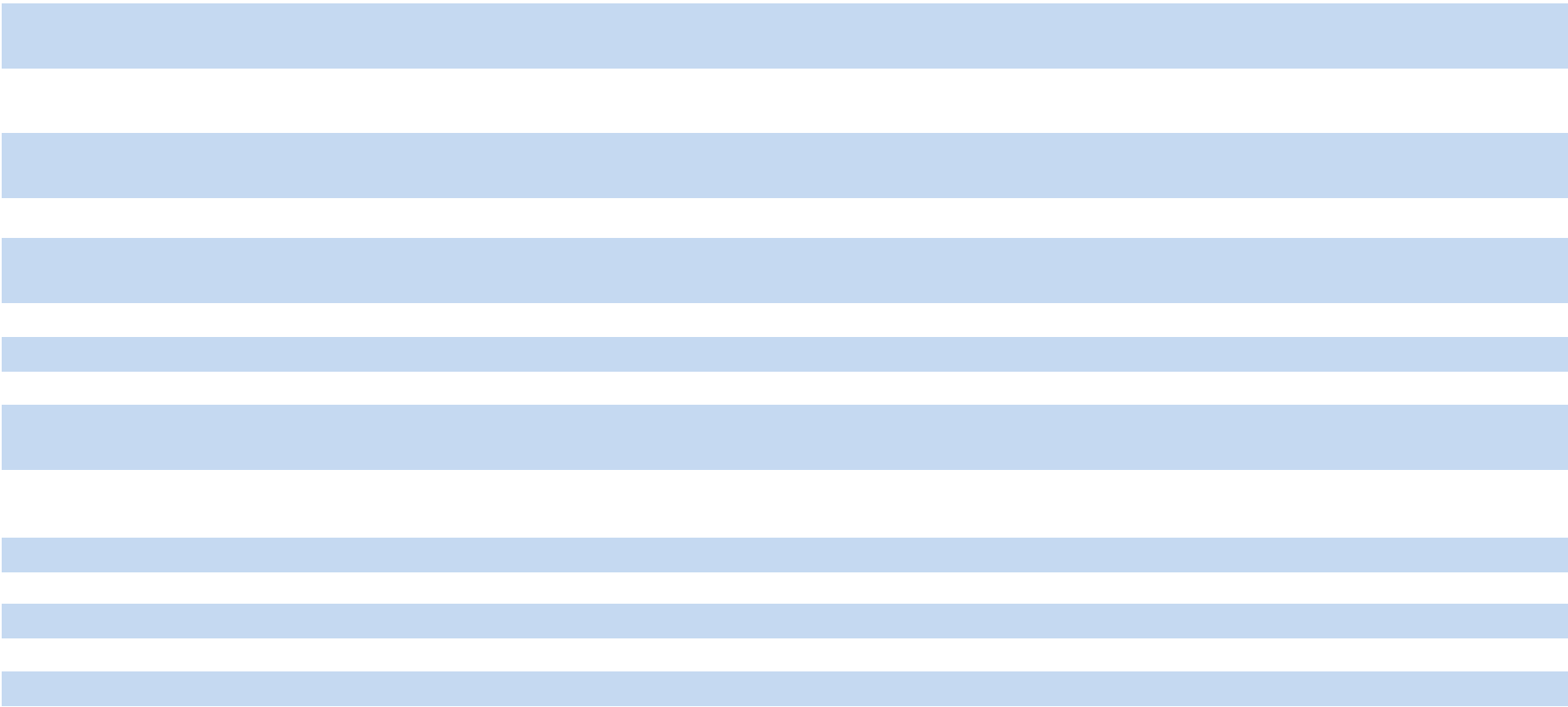
[illegible]

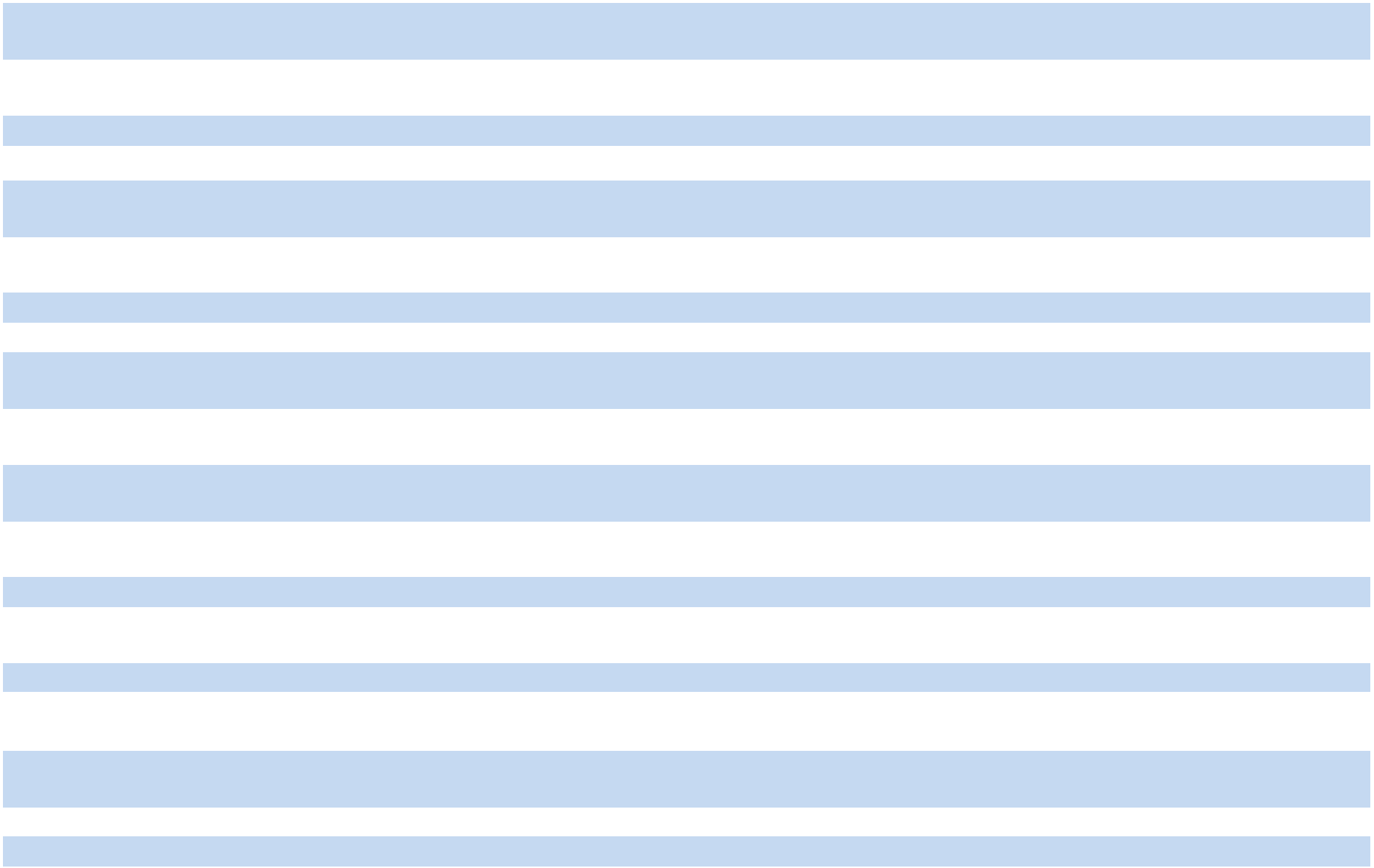


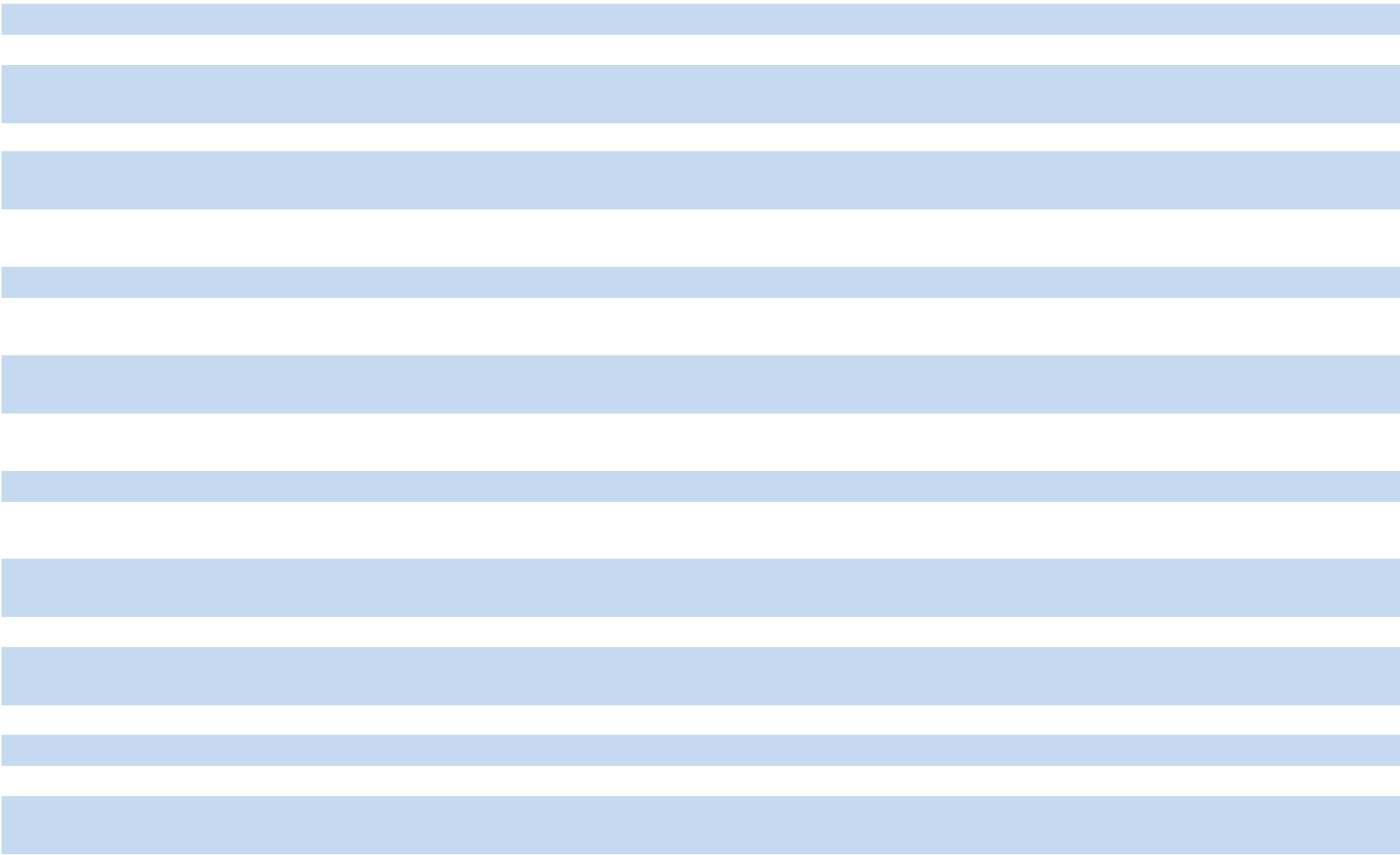


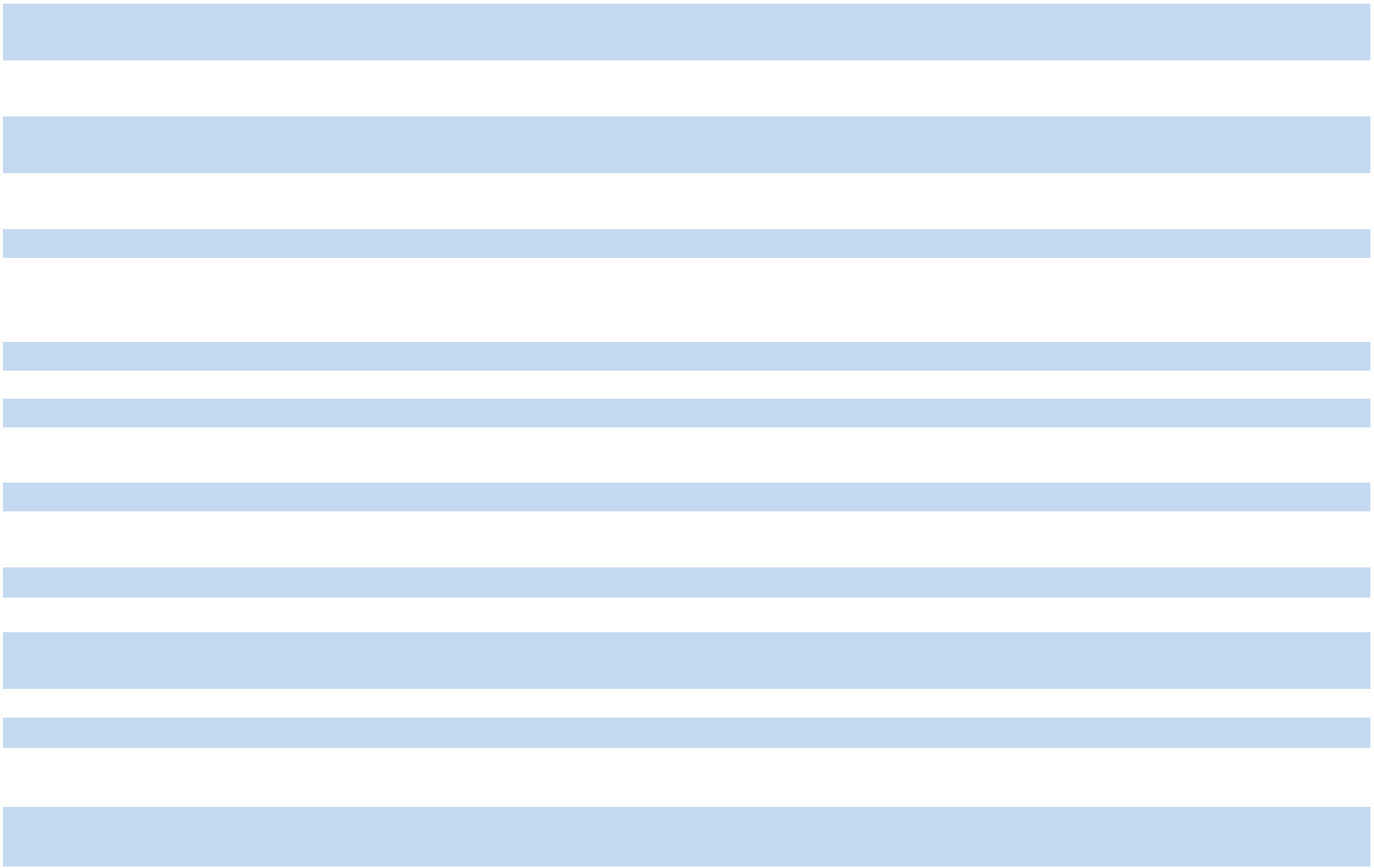


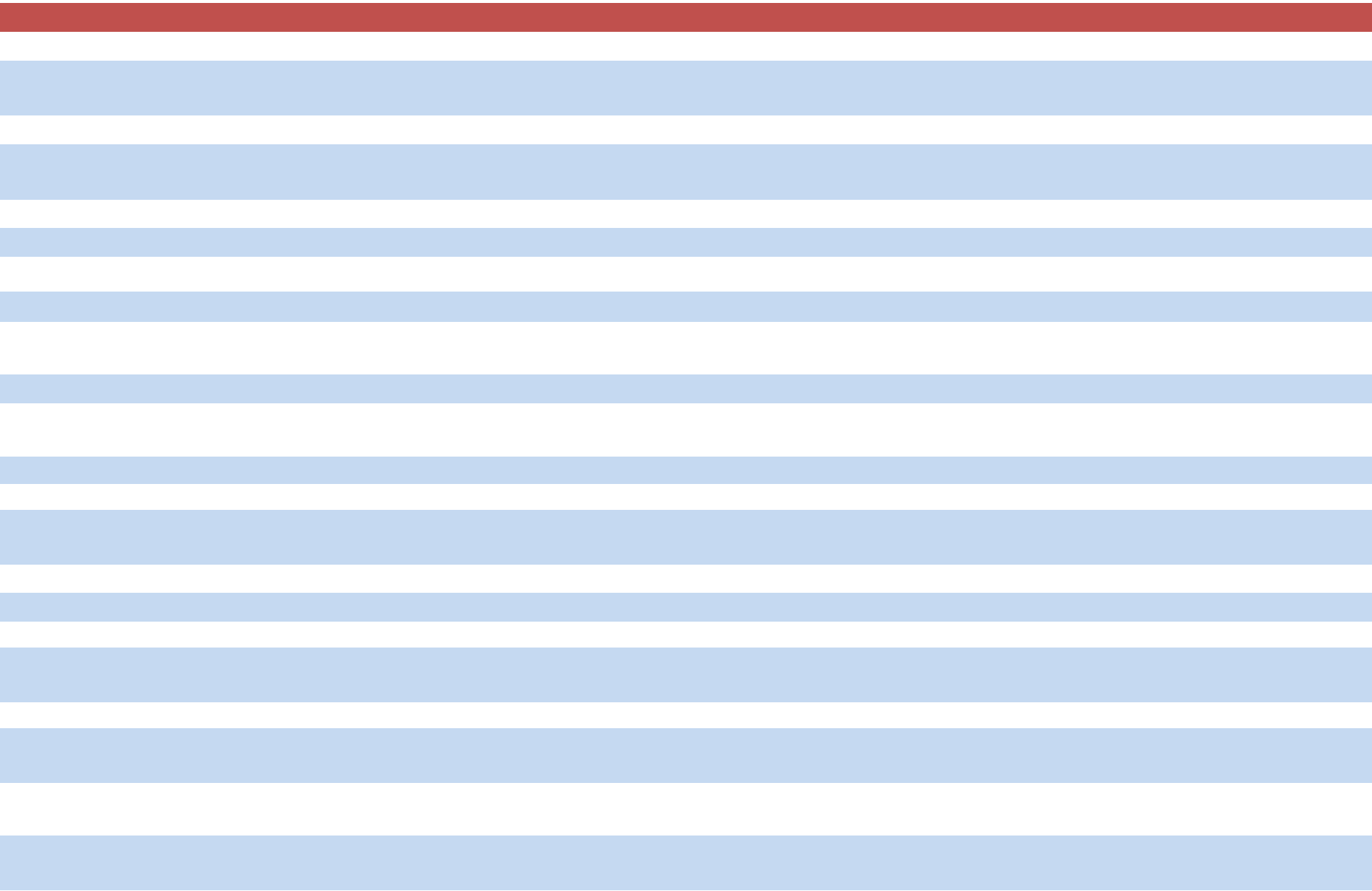












[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

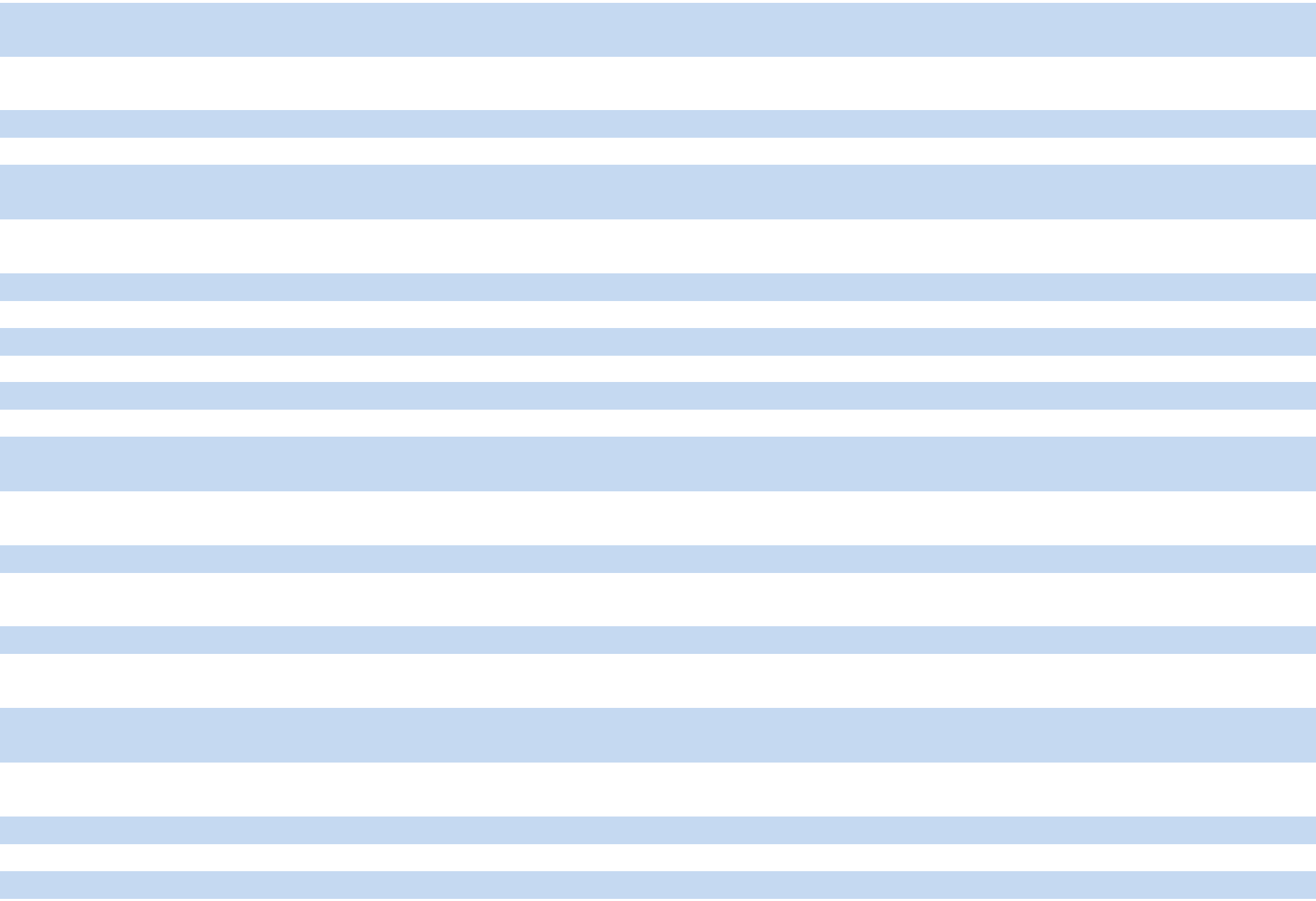
[Redacted text block]

[Redacted text block]

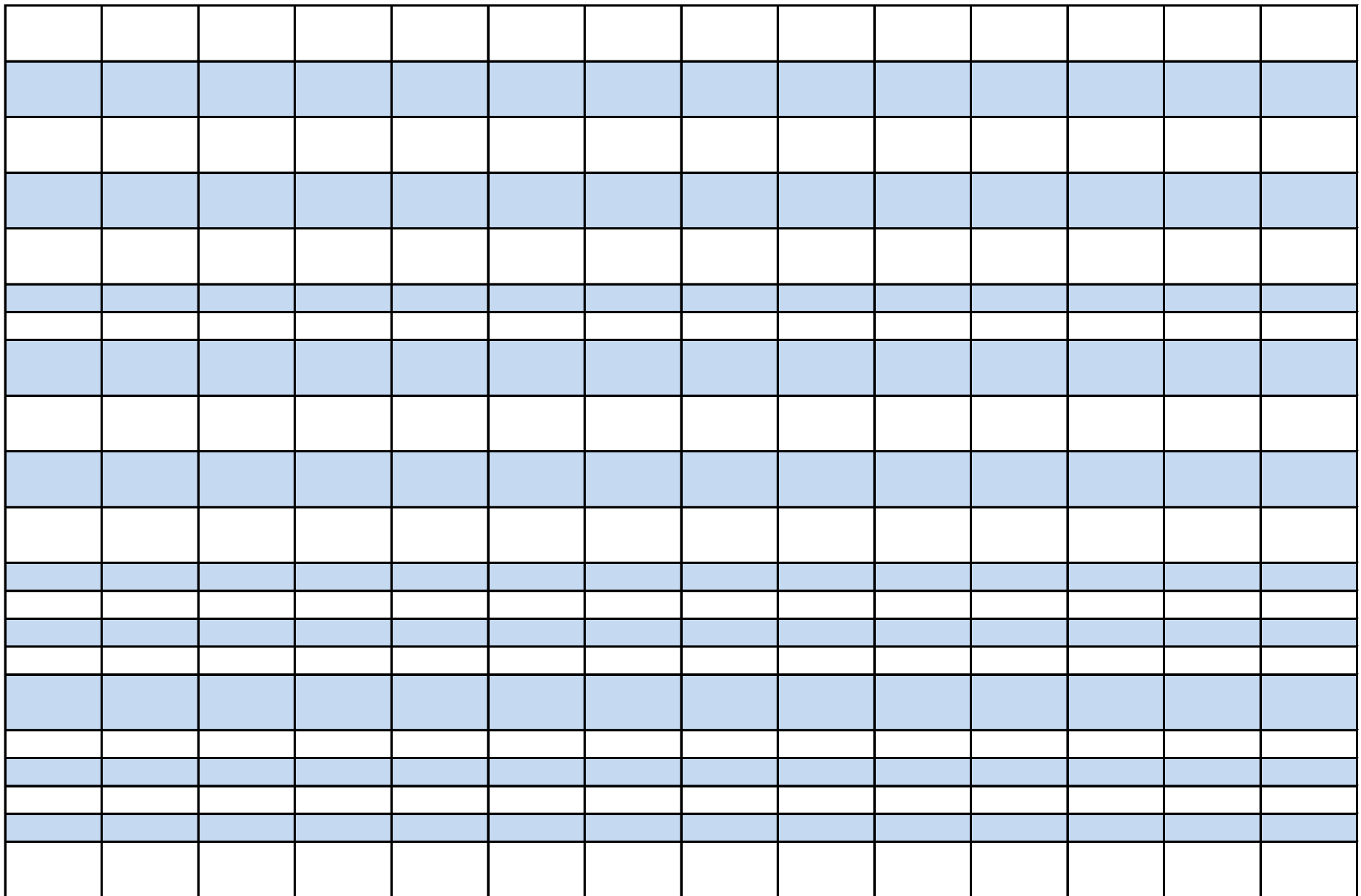
[Redacted text block]

[Redacted text block]

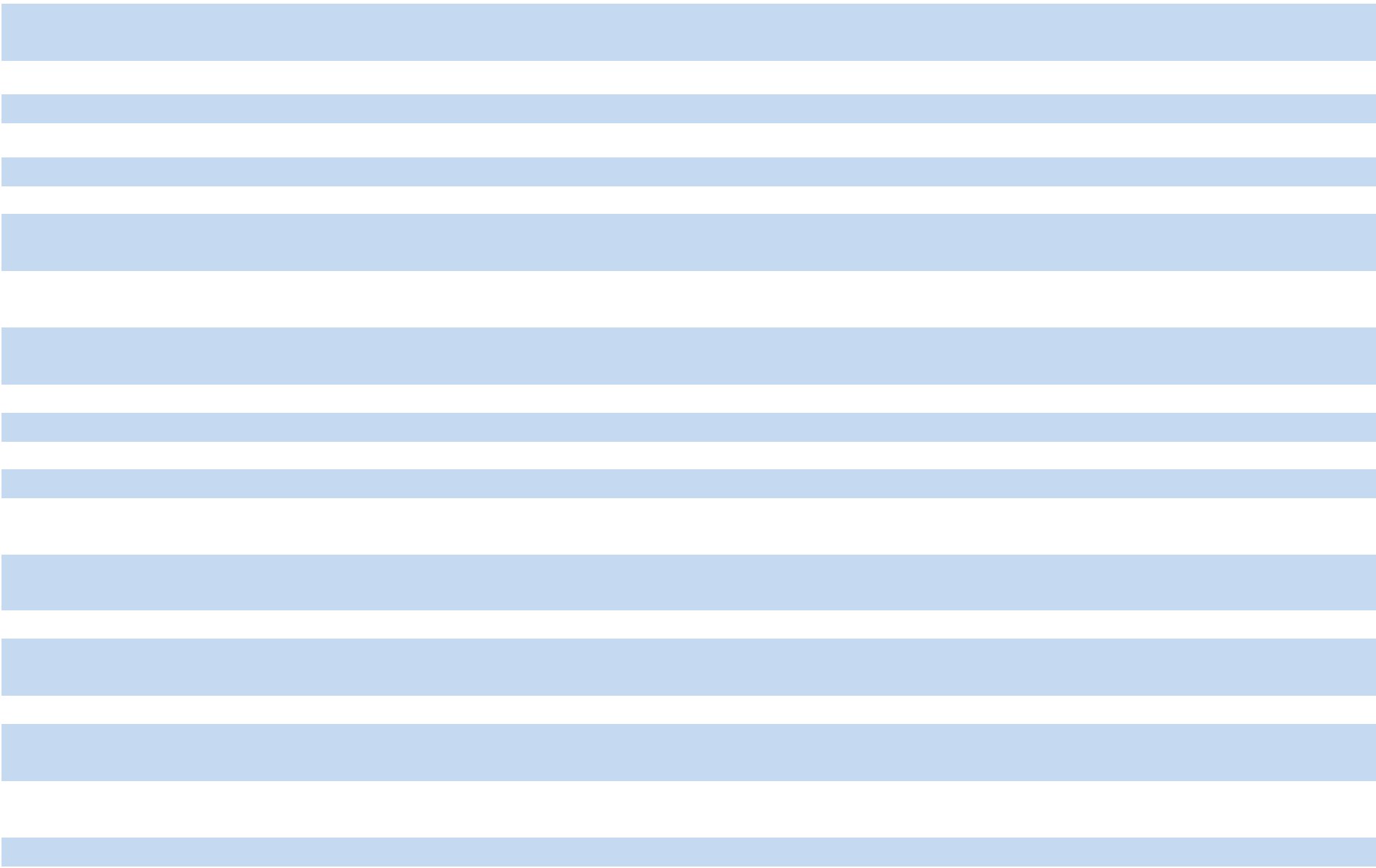


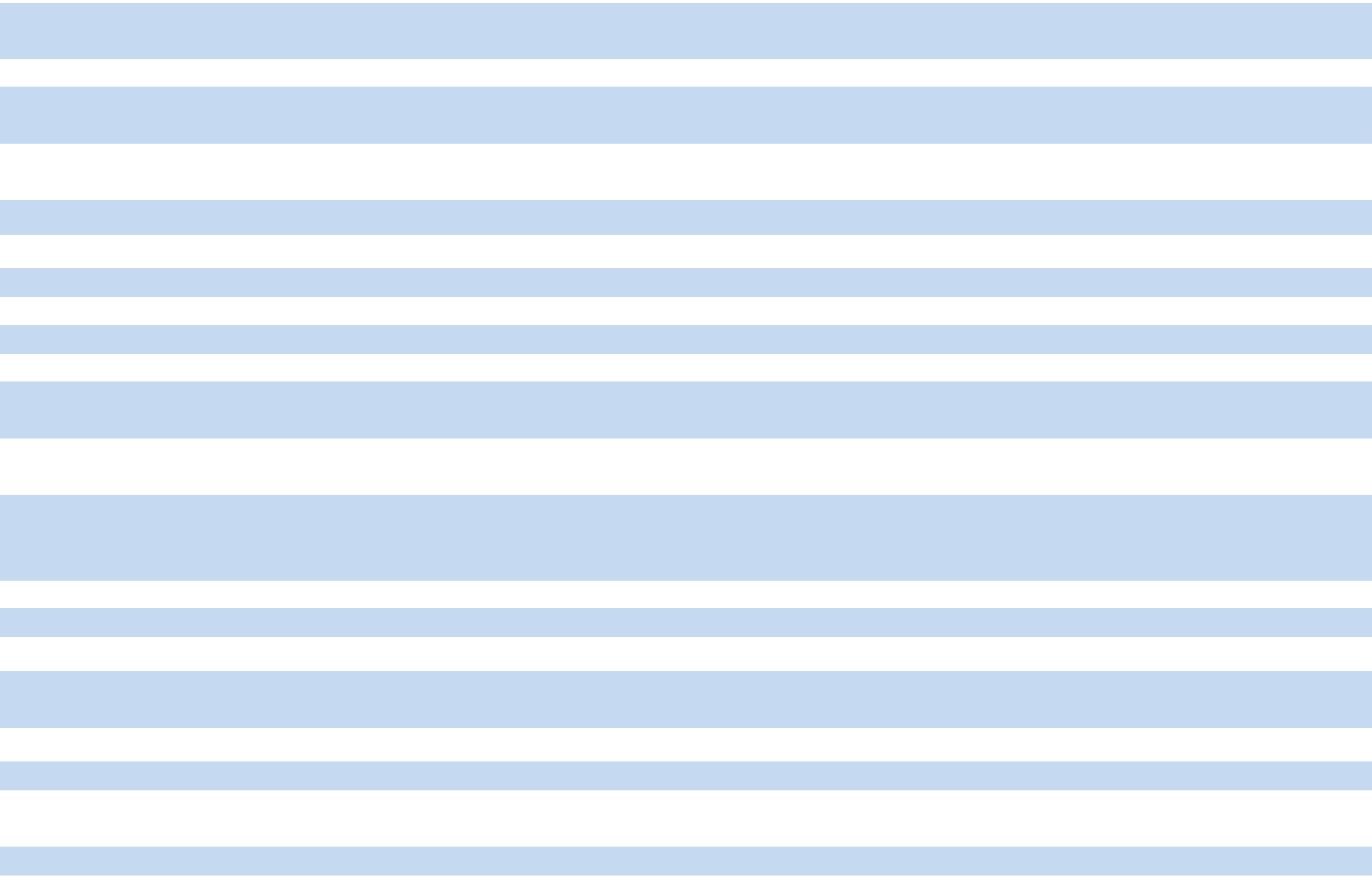


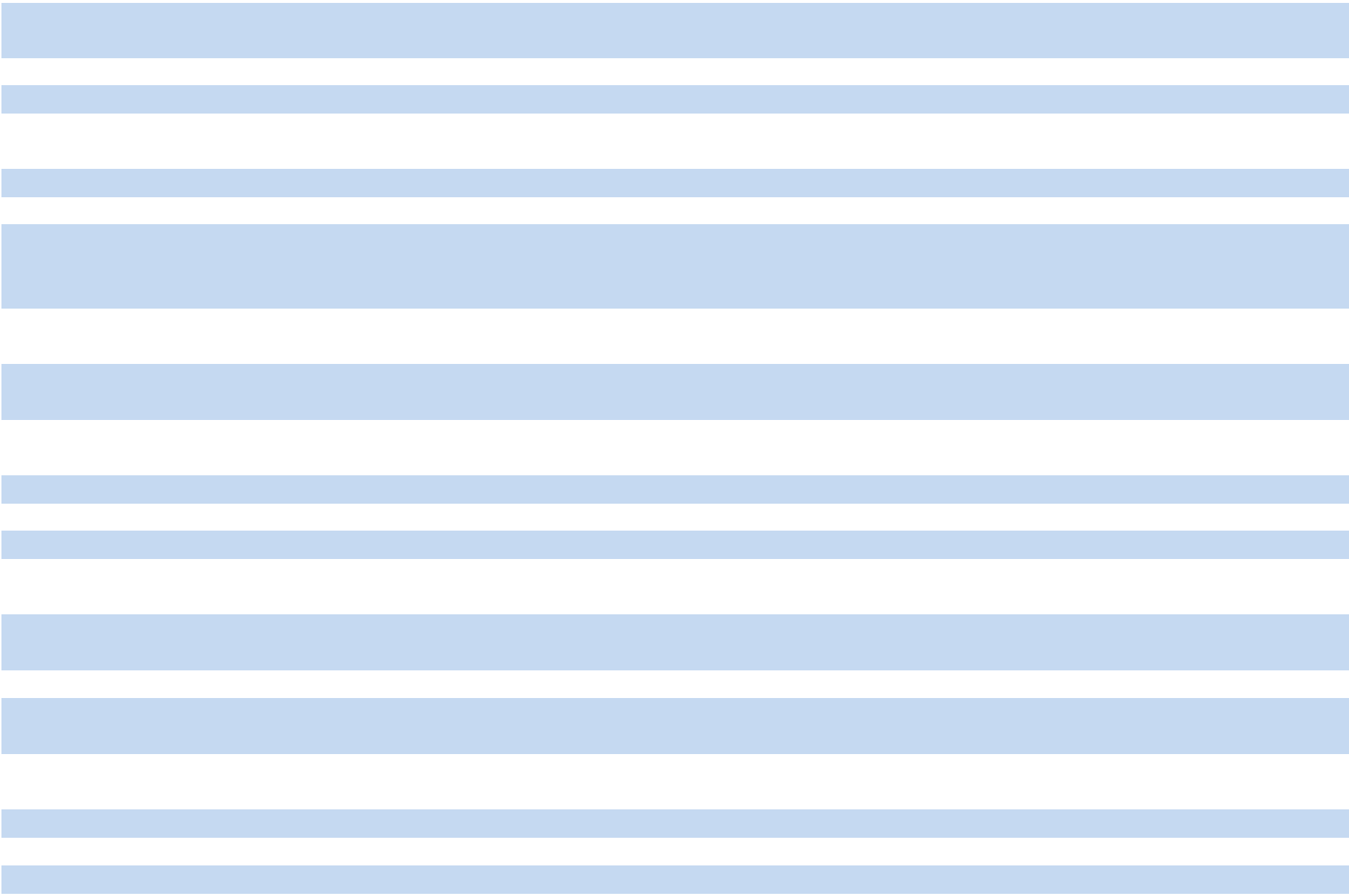
[illegible]



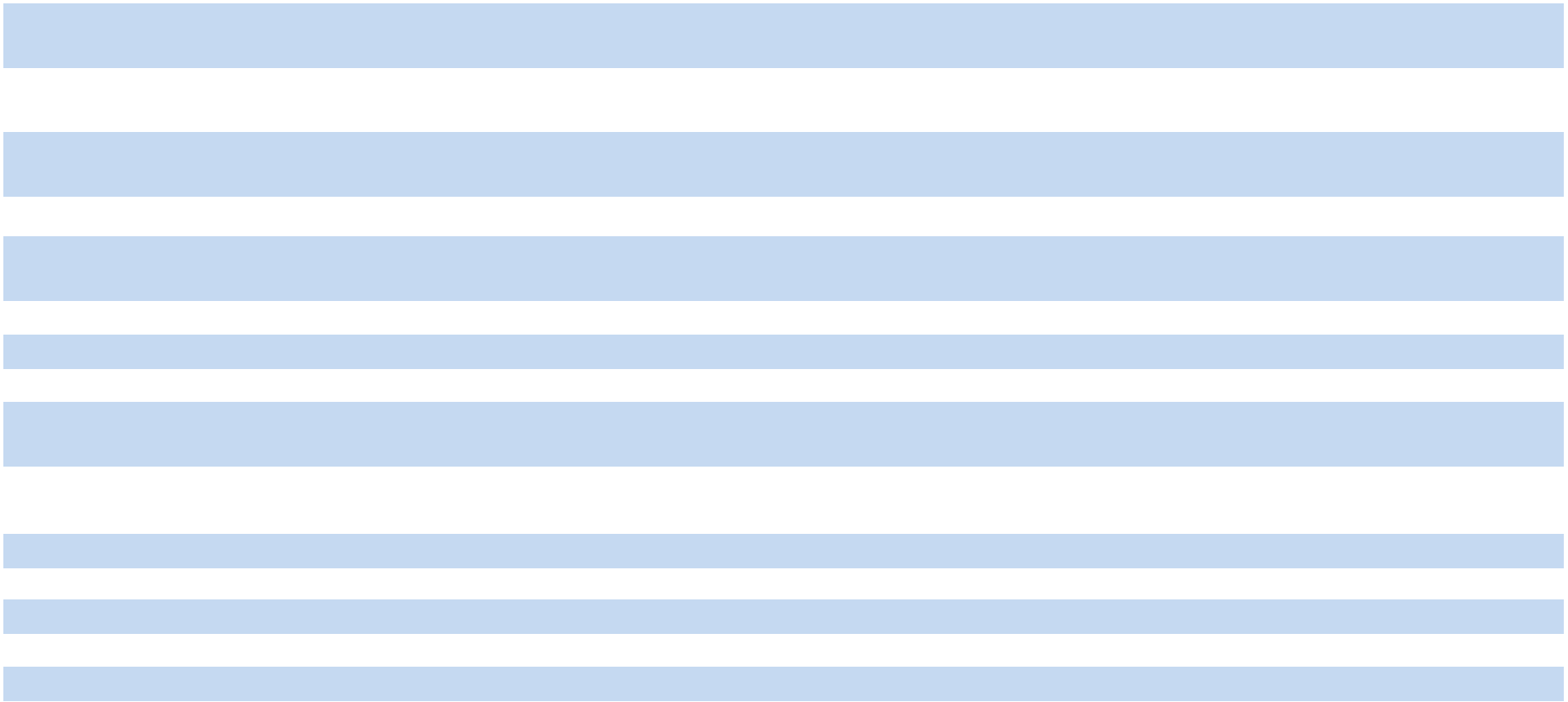
[illegible]

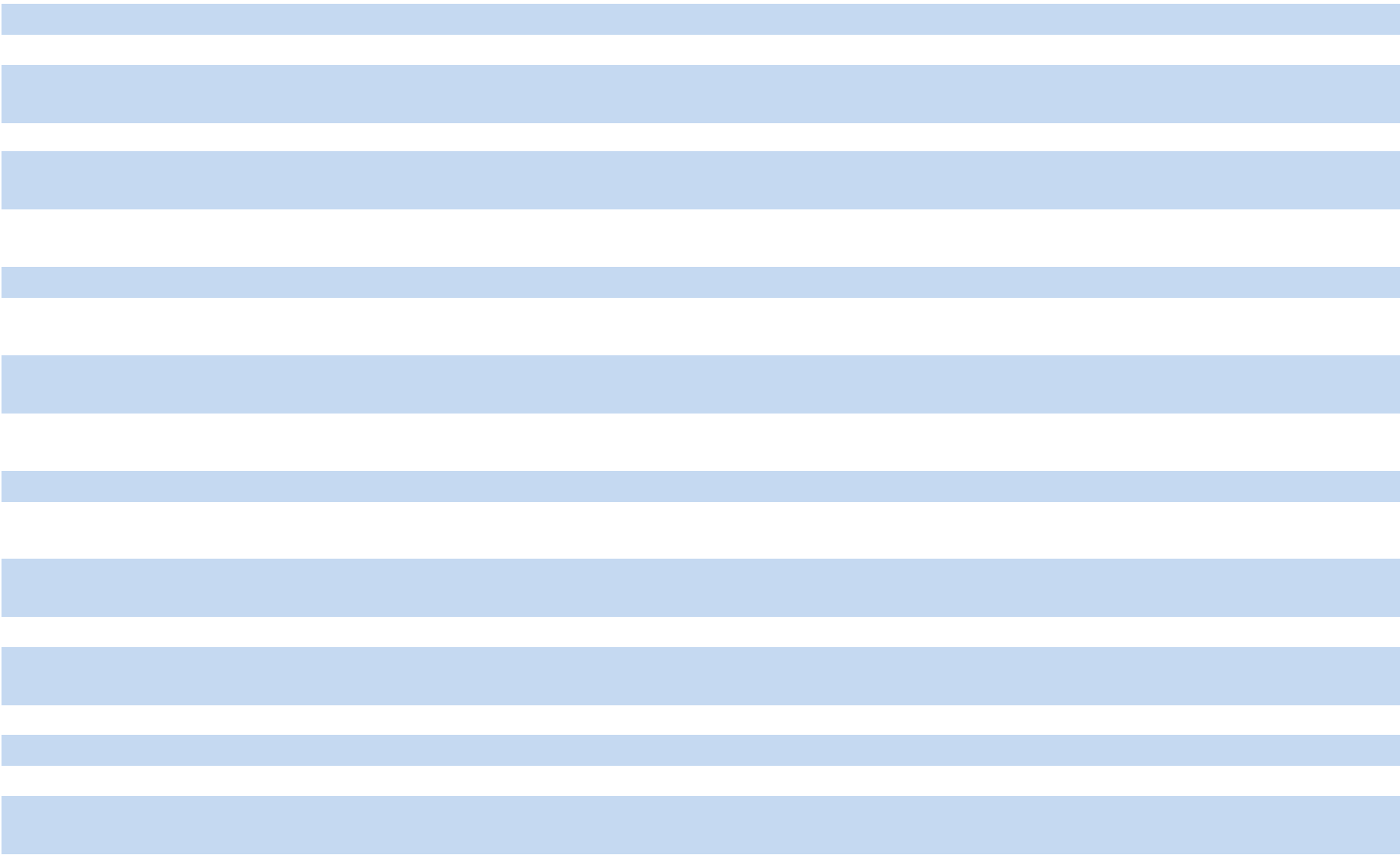












[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text]

[Redacted text]

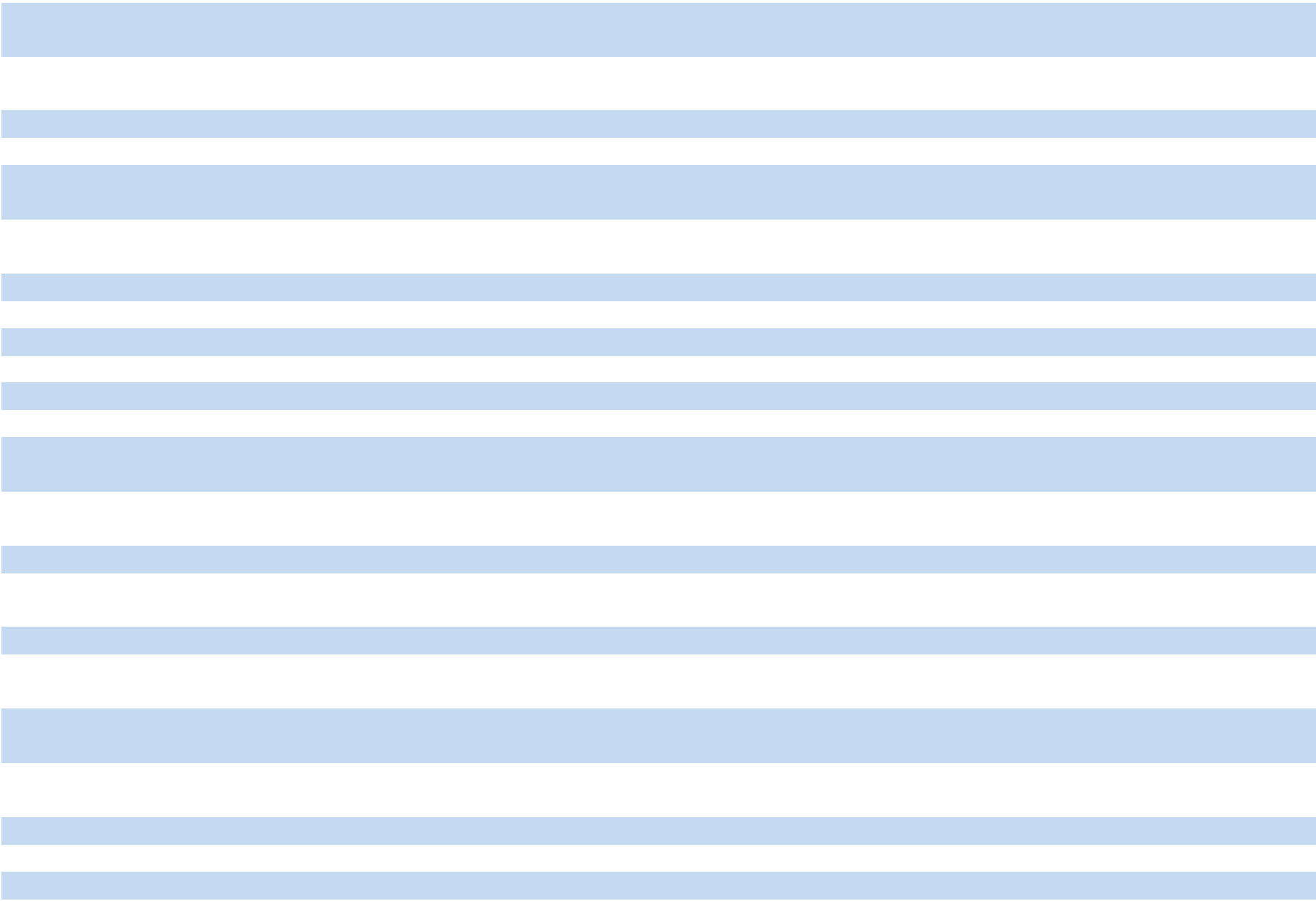
[Redacted text]

[Redacted text]

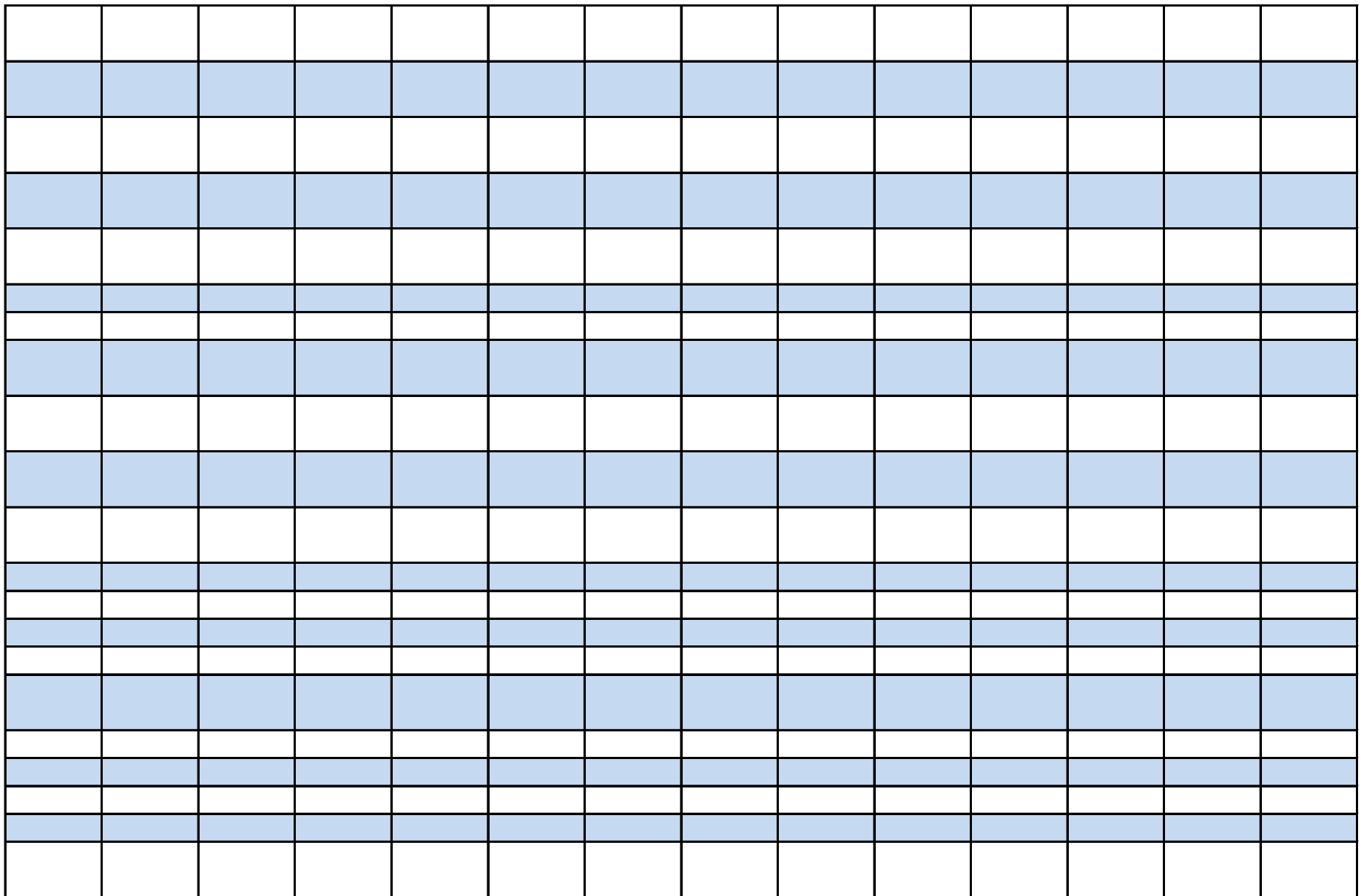
[Redacted text]

[Redacted text]

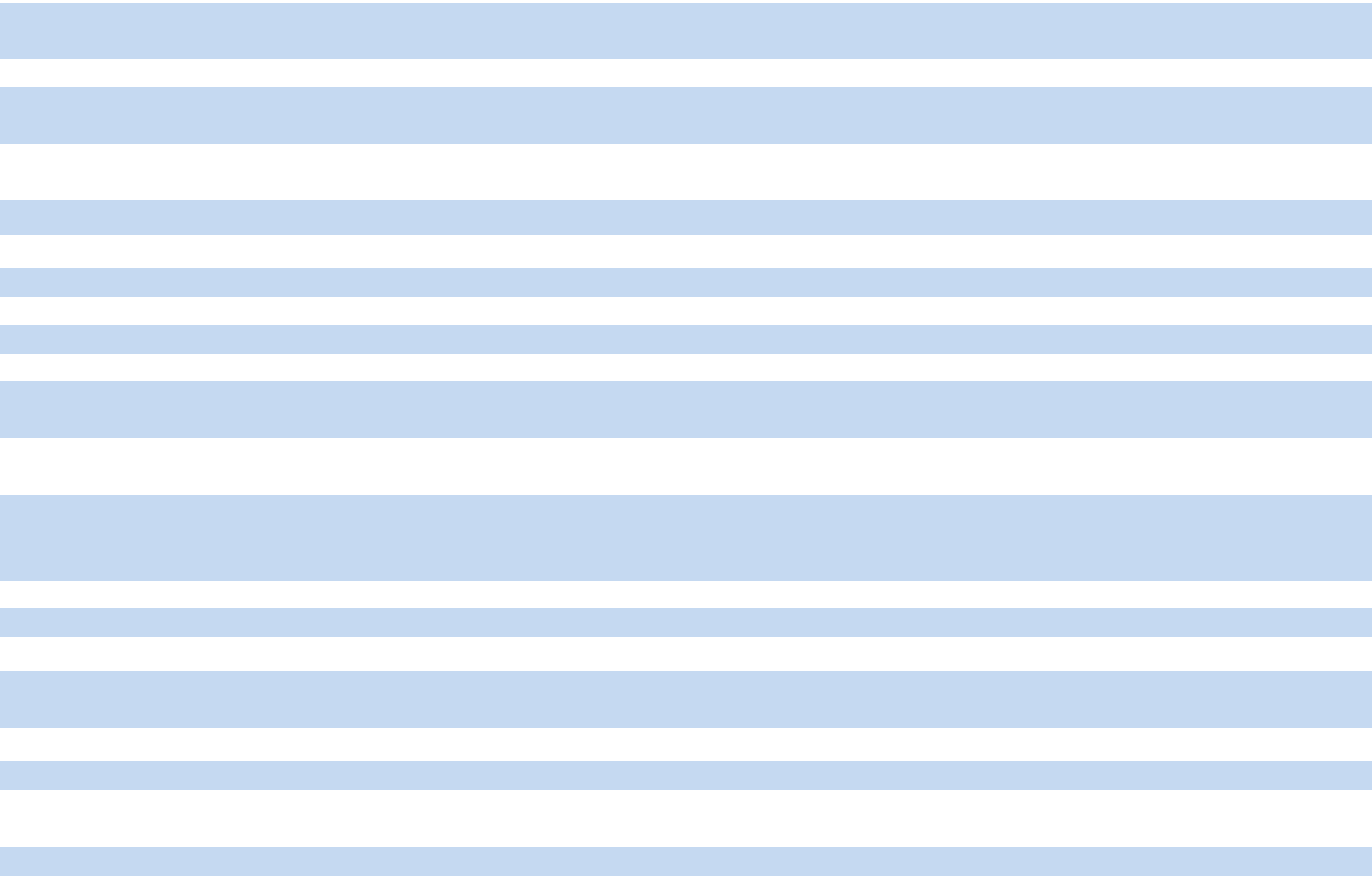
[Redacted text]

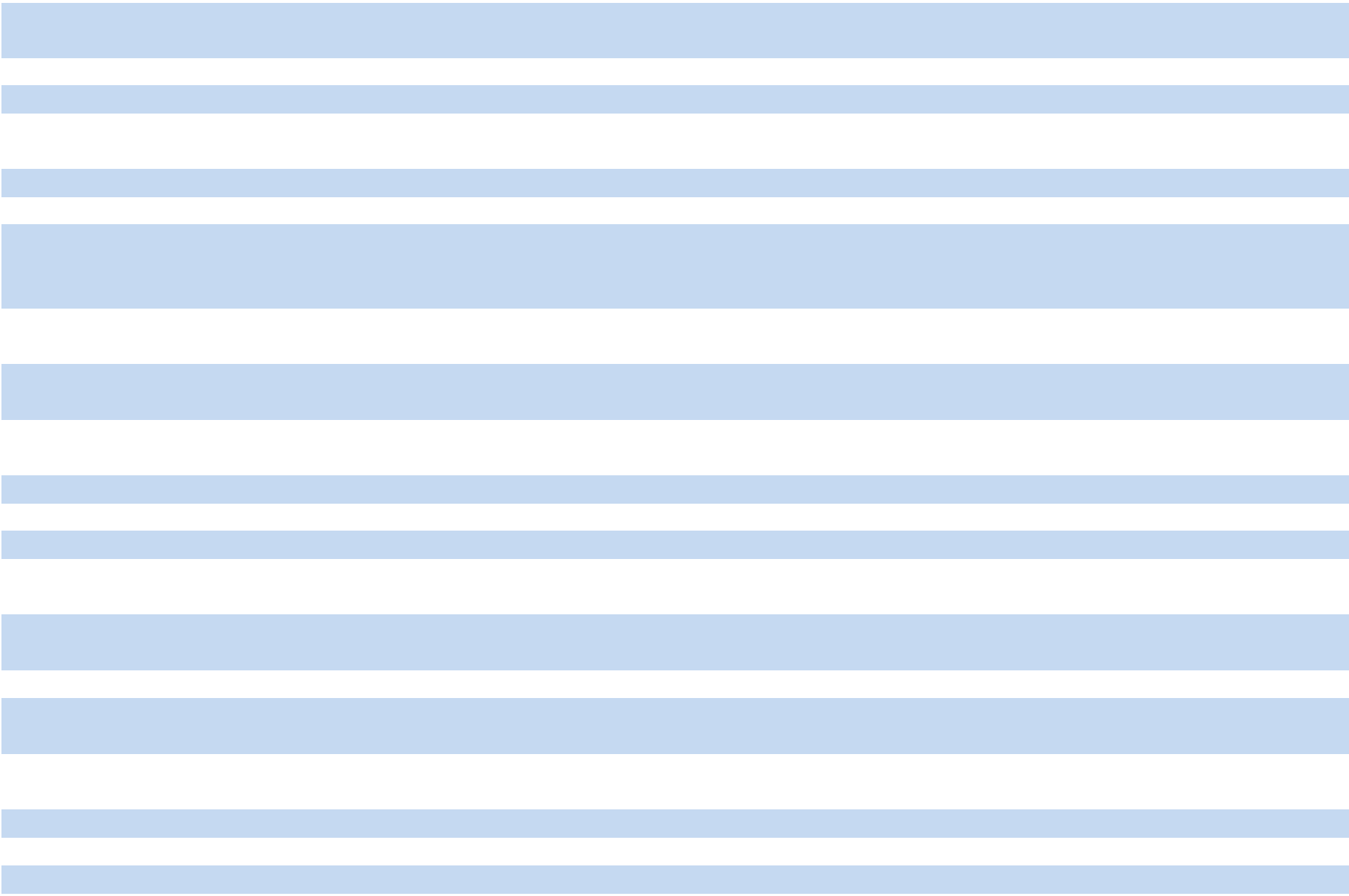


[illegible]

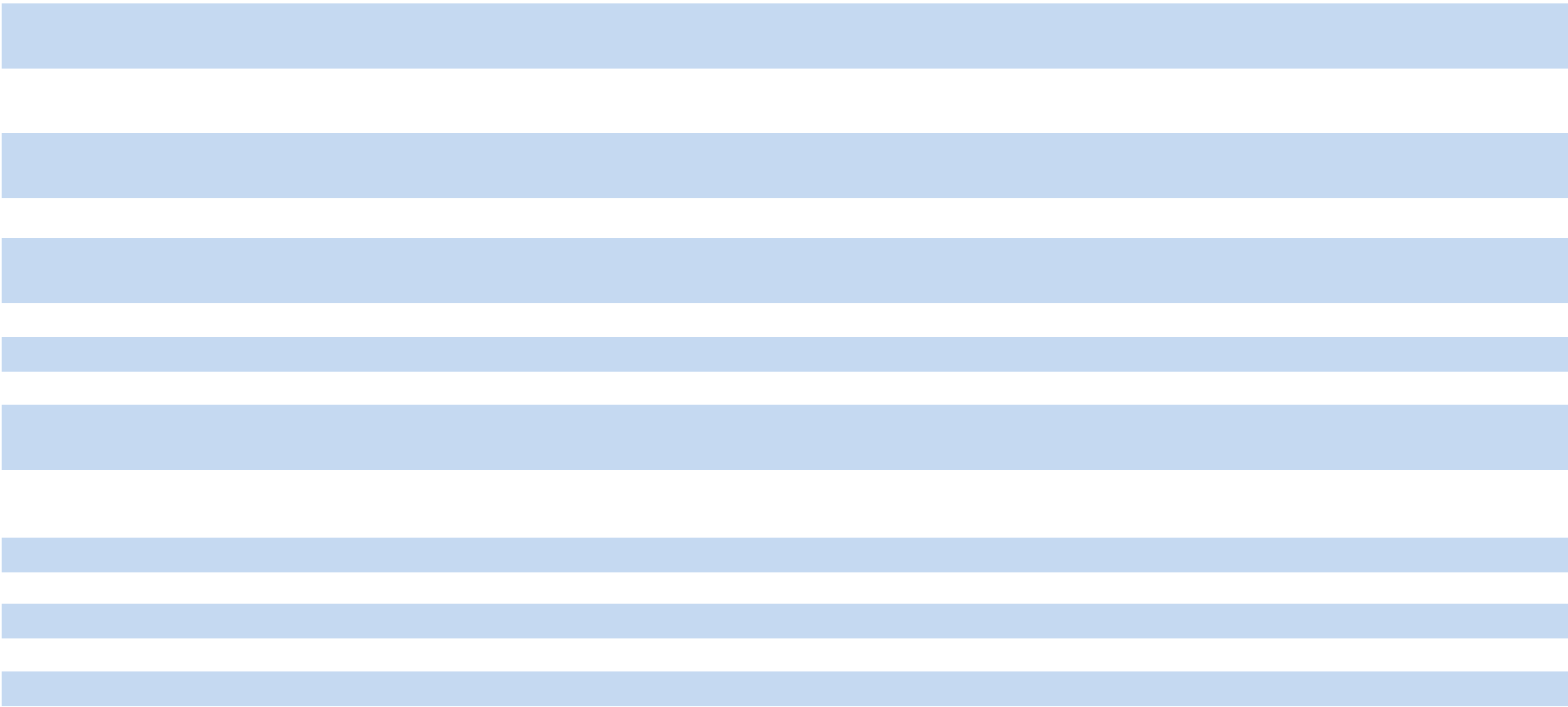


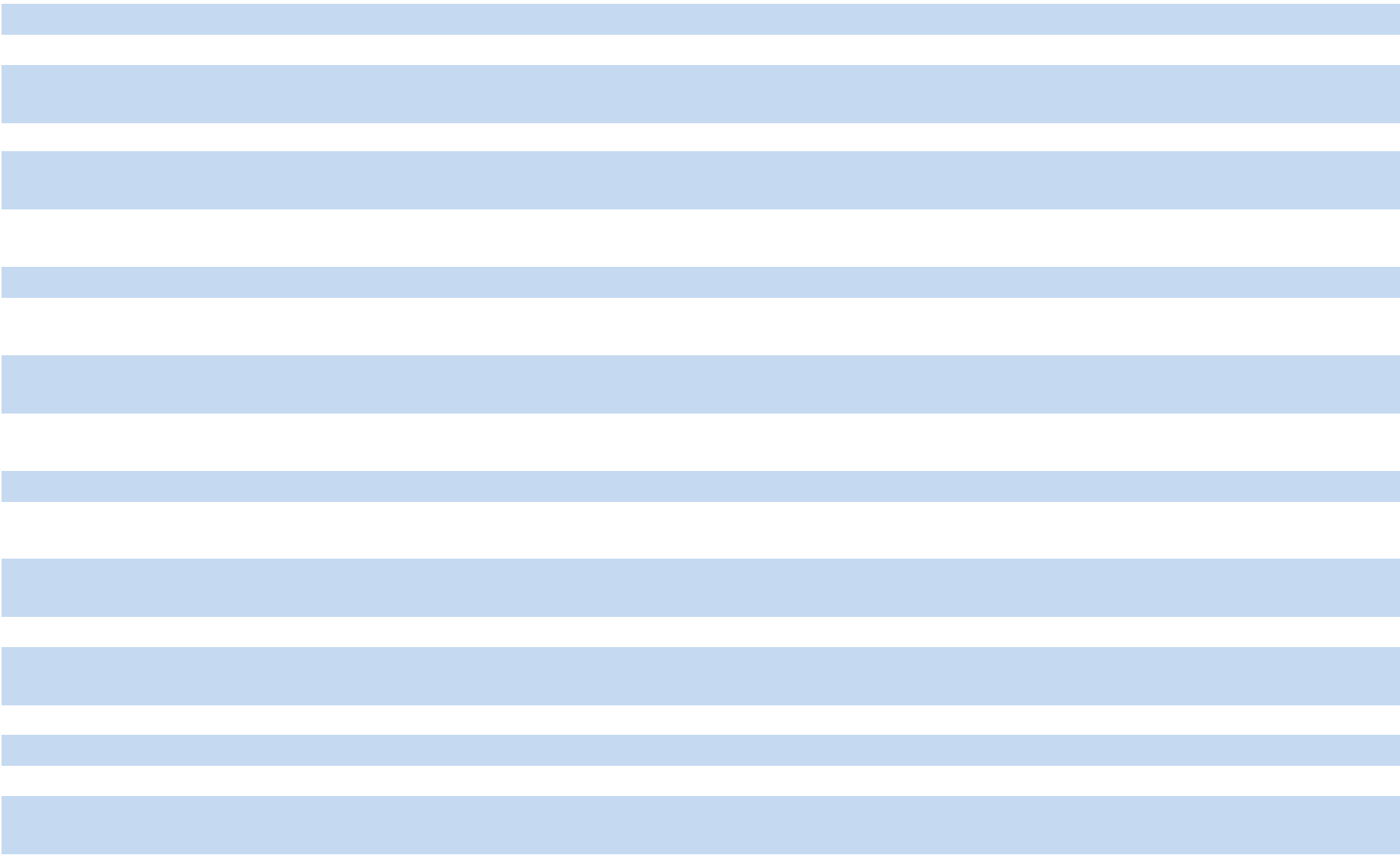
[illegible]











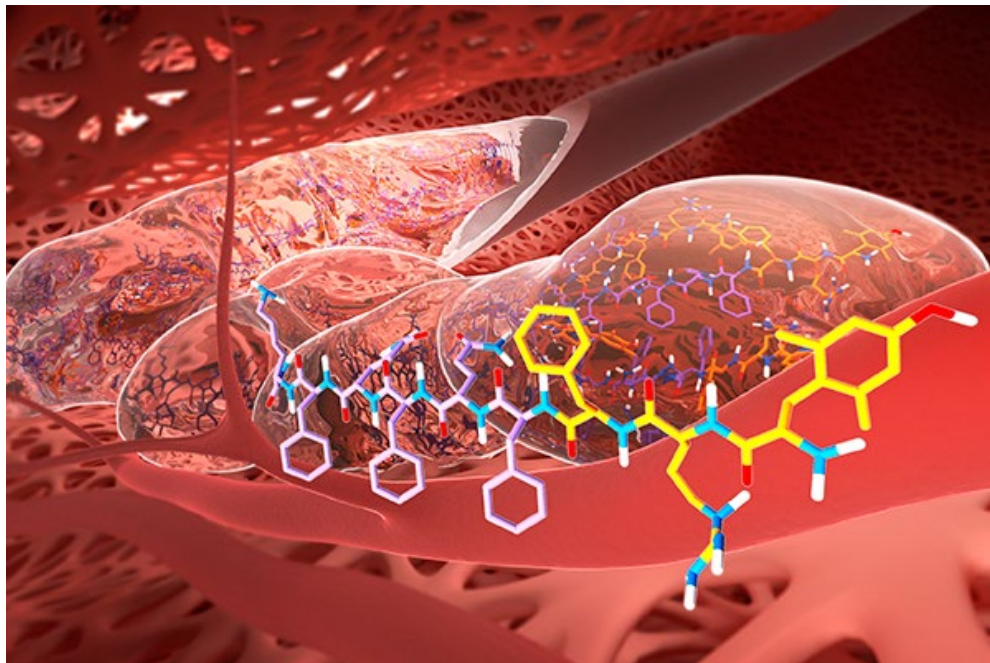


NATUURLIJKE PIJNSTILLENDE GEL

Klas	5,6 v
Subdomein	Chemie van het leven
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Structuur eiwitten
Trefwoorden	Opioid peptide, controlled drug release, waterstofbruggen, beta sheet, dubbellaag, gel,
Vaardigheidsvraag	Informatieselectievraag

www.engineeringnet.be, 4 december 2018

VUB-onderzoekers ontwikkelen natuurlijke pijnstillende gel



Charlotte Martin en Steven Ballet (VUB) zijn er in geslaagd om een gel te ontwikkelen waarmee natuurlijke pijnstillers op een minimaal-invasieve* manier bij de mens kunnen toegediend worden.

De onderzoekers behaalden met hun onderzoek de cover van het gerenommeerde Journal of Medicinal Chemistry.

Pijnbestrijding via medicatie brengt bij het gebruik van zware pijnstillers op basis van opioïden vaak ernstige neveneffecten met zich mee. Opioïden zoals bijvoorbeeld morfine, fentanyl en oxycodon zijn net als heroïne heel snel en sterk verslavend. Andere nevenwerkingen zijn constipatie, gewenning en een onderdrukking van de ademhaling, wat tot verstikking kan leiden bij inname van een hoge dosis.

Opioïden zijn gebaseerd op natuurproducten (morfine) of worden synthetisch aangemaakt (fentanyl), maar kunnen ook stoffen zijn die het lichaam zelf aanmaakt. Endorfine is zo een

voorbeeld van een lichaamseigen opioïde peptide. Sinds hun ontdekking in de jaren zeventig gingen wetenschappers op zoek naar optimale mogelijkheden om deze lichaamseigen peptiden als pijnstillers te kunnen inzetten.

De VUB-onderzoekers hebben de peptiden verder geoptimaliseerd om de duur van hun werking te garanderen en de gevaarlijke neveneffecten zoals constipatie, gewenning, onderdrukking van de ademhaling en verslaving te verminderen.

Martin en Ballet ontwikkelden een biologisch afbreekbare gel, waarin het veiligere bioactieve peptide zit en dat onder de huid wordt ingespoten. De gel breekt op een natuurlijke manier af, zonder sporen na te laten in het lichaam. De pijnstiller zelf komt traag en gecontroleerd vrij, over een lange tijd (72-96 uur) en werkt zo aan concentraties waarin minder opioïde bijwerkingen optreden.

De gel kan ook andere actieve bestanddelen dragen waardoor ook vele andere geneesmiddelen op deze minimaal-invasieve en biologisch afbreekbare manier toegediend kunnen worden.

** Onder een non-invasieve (of niet-invasieve) behandelmethode wordt in de geneeskunde en in andere onderzoeks- en behandelgebieden een methode verstaan waarbij men met apparatuur of anderszins niet in het te behandelen of te onderzoeken lichaam of voorwerp binnendringt. Een tussenvorm is de zogenaamde minimaal-invasieve chirurgie, waarbij met kleine insnijdingen kan worden volstaan.*

Onderzoekers Charlotte Martin en Steven Ballet van de Vrije Universiteit België (VUB) hebben een natuurlijke pijnstillende gel ontwikkeld.

- 1 Wat is het voordeel van deze nieuwe pijnstillende gel ten opzichte van de bestaande zware pijnstillers (opioïden)?

De gel werkt op basis van gecontroleerde medicijngifte.

- 2 Noem een voordeel van gecontroleerde medicijngifte.

In het artikel is sprake van *biologisch afbreekbare* gel.

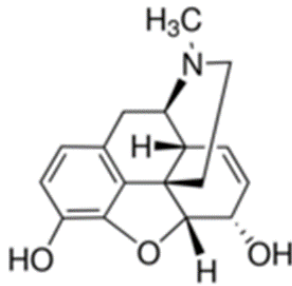
- 3 Geef een omschrijving van biologisch afbreekbaar.

De onderzoekers zeggen dat de gel die zij ontwikkeld hebben ook biocompatibel is. Dat wil zeggen dat het weinig tot geen problemen veroorzaakt in levend weefsel.

- 4 Leg uit waardoor dit inderdaad zo is.

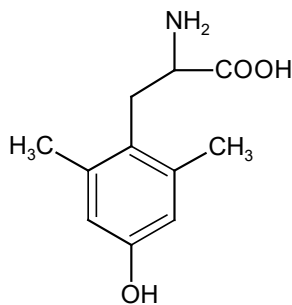
Opioïde peptides

De onderzoekers hebben *opioïde peptides* gebruikt als vervangers voor opioïden zoals morfine. Opioïde peptiden hebben moleculen met korte ketens van aminozuren die zich net als de opioïden binden aan opioïde receptoren in de hersenen. In figuur 1 staat de structuurformule van een morfinemolecuul.



Figuur 1 Structuurformule morfinemolecuul.

De onderzoekers hebben in het opioïde peptide dat ze gebruiken het aminozuur 2,6-dimethyltyrosine (Dmt, figuur 2) ingebouwd.



Figuur 2 Structuurformule 2,6-dimethyltyrosinemolecuul

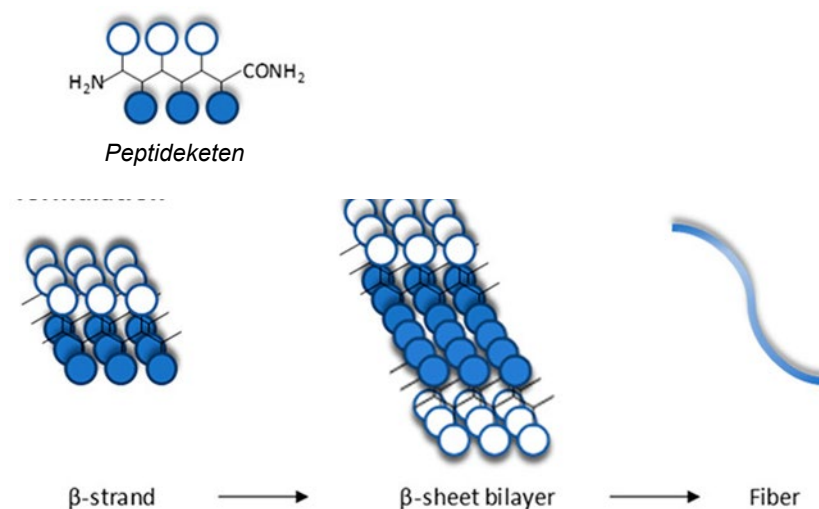
Dmt kan net als het morfinemolecuul binding aangaan met de hersenen.

- 5 Toon aan dat er inderdaad een overeenkomst is in een deel van de structuurformules van een Dmt molecuul en een morfinemolecuul is. Maak hiervoor gebruik van de bijlage van antwoord 5. Teken hierin de structuurformule van een Dmt molecuul en verbind de overeenkomstige punten in de beide moleculen met streepjeslijntjes.

De gel

De onderzoekers hebben een gel ontwikkeld op basis van aminozuren die onder de huid kan worden ingespoten.

Ze hebben peptideketens gemaakt, waaruit dubbellaagen van bètasheets ontstaan. Hieruit vormen zich dan vezels (figuur 3)



Figuur 3 Van peptideketen naar vezel (strand: keten; bilayer: dubbellaag; fiber: vezel)

De peptideketen die de onderzoekers onder andere gebruikten, heeft als aminozuurvolgorde: $\text{H}_2\text{N-Glu-Phe-Gln-Phe-Lys-NH}_2$. Aan beide uiteinde een $-\text{NH}_2$ groep lijkt vreemd voor een peptideketen. De onderzoekers hebben de $-\text{OH}$ groep van de $-\text{COOH}$ groep van lysine echter vervangen door een $-\text{NH}_2$ groep, zodat de keten aan die kant niet kan reageren met een ander aminozuur.

6 Teken de structuurformule van het peptide $\text{H}_2\text{N-Glu-Phe-Gln-Phe-Lys-NH}_2$.

Dit peptide bezit een zogenaamde amfifiele keten. Dat betekent dat aan de ene kant van de keten de hydrofobe groepen liggen en aan de andere kant de hydrofiele groepen.

7 Leg uit welk(e) aminozuur (aminozuren) in de peptideketen de hydrofobe groepen levert/leveren?

β -sheets worden vervolgens gevormd door parallel liggende peptideketens. Een β -sheet (figuur 3) is een eiwitstructuur in de vorm van een plaatvormige ruimtelijke structuur.



Figuur 3 β -sheet

8 Welke binding tussen welke groepen is verantwoordelijk voor het ontstaan van een β -sheet?

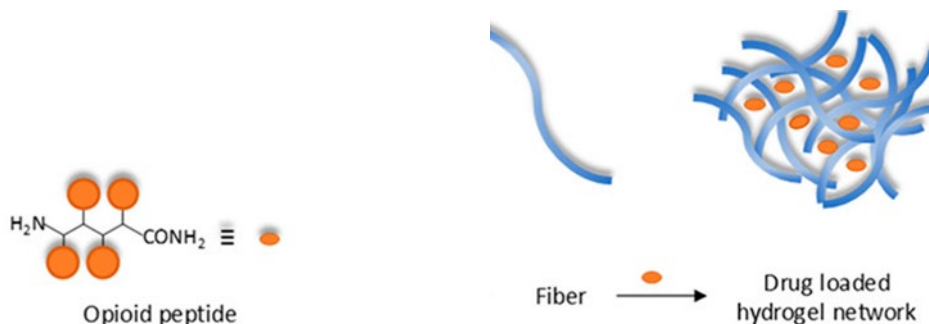
Twee β -sheets vormen vervolgens een dubbellaag. Elke β -sheet heeft een hydrofobe zijde en een hydrofiele zijde.

9 Leg uit hoe de β -sheet dubbellaag zal zijn opgebouwd.

Toediening

Martin en Ballet hebben met behulp van dit peptide twee systemen onderzocht om het werkzame opioïde peptide toe te kunnen dienen via een injectie. Zij gebruikten hiervoor *coformulatie* en *biogel formulatie*.

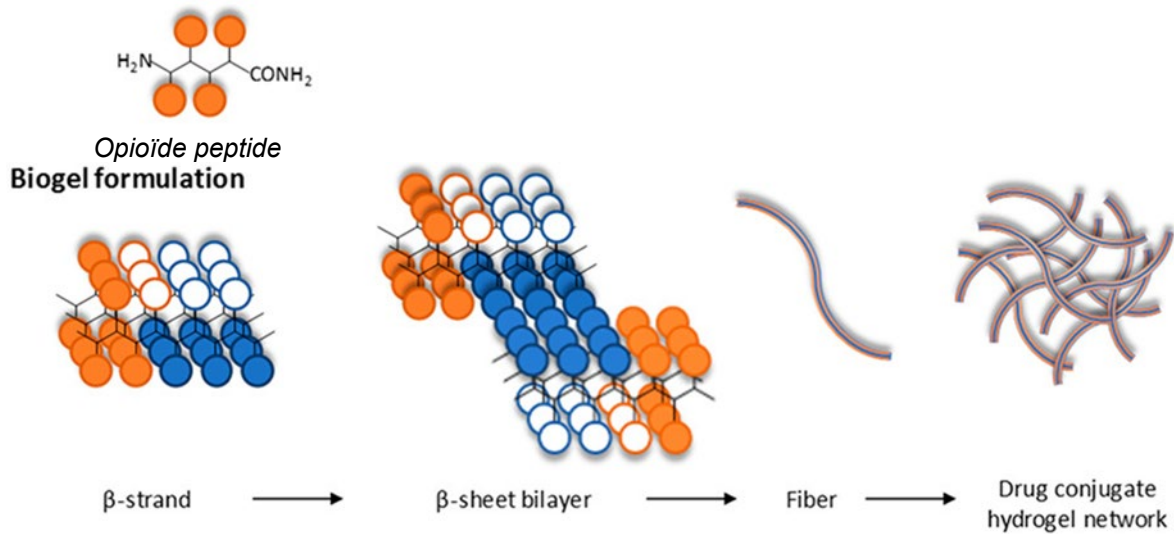
Coformulatie: het opioïde peptide wordt ingesloten tussen vezels opgebouwd uit de peptideketen (figuur 4).



Figuur 4 Coformulatie

10 Leg uit wat voor type binding aanwezig is tussen de opioïde peptides en de vezels.

Biogel formulatie: het opioïde peptide is onderdeel van de ketens waaruit de vezels worden opgebouwd (figuur 5).



Figuur 5 opnemen opioïde peptide in vezels van de gel

Het opioïde peptide heeft als aminozuurvolgorde $\text{H}_2\text{N}-\text{Dmt}-\text{Arg}-\text{Phe}-\text{Phe}-\text{NH}_2$. De onderzoekers hebben dit eerst omgezet naar $\text{H}_2\text{N}-\text{Dmt}-\text{Arg}-\text{Phe}-\text{Phe}-\text{OH}$. Dit opioïde peptide hebben de onderzoekers laten reageren met de peptideketen $\text{H}_2\text{N}-\text{Glu}-\text{Phe}-\text{Gln}-\text{Phe}-\text{Lys}-\text{NH}_2$. Hierbij ontstaat het nieuwe peptide $\text{H}_2\text{N}-\text{Dmt}-\text{Arg}-\text{Phe}-\text{Phe}-\text{Glu}-\text{Phe}-\text{Gln}-\text{Phe}-\text{Lys}-\text{NH}_2$

- 11 Noteer de reactievergelijking voor de vorming van het nieuwe peptide uit $\text{H}_2\text{N}-\text{Dmt}-\text{Arg}-\text{Phe}-\text{Phe}-\text{OH}$ en $\text{H}_2\text{N}-\text{Glu}-\text{Phe}-\text{Gln}-\text{Phe}-\text{Lys}-\text{NH}_2$. Teken hierbij de twee aminozuren die koppelen in structuurformules en de rest van de keten in afkorting.

Het nieuwe peptide is ontstaan door de vorming van een amidebinding.

- 12 Hoe heet de soort binding die door de amidebinding is ontstaan.

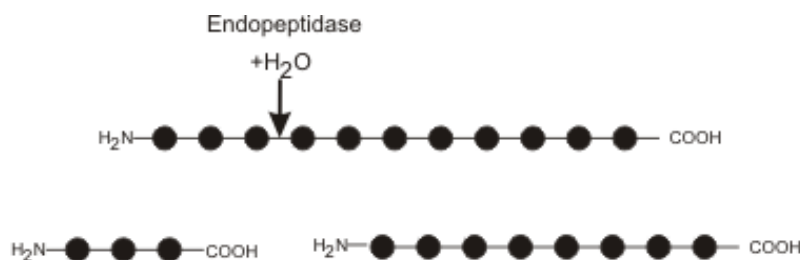
Vrijkomen werkzame stof

Het opioïde peptide moet weer vrijkomen uit òf de coformulatie òf uit de biogel formulatie om zijn werk te kunnen doen als pijnstillers.

- 13 Noem het proces waarmee bij coformulatie het opioïde peptide zal vrijkomen.
- 14 Hoe zal bij de biogel formulatie het opioïde peptide vrij komen?
- 15 Leg uit dat bij de coformulatie in vergelijking met de biogel formulatie de werkzame stof minder gecontroleerd kan vrijkomen.

Biodegradeerbaar

Proteasen (peptidasen) zijn enzymen die in het organisme de afbraak van peptiden/eiwitten en andere ketens van aminozuren katalyseren. Proteasen verbreken de peptidebinding tussen twee aminozuren middels het toevoegen van een watermolecuul: hydrolyse. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen endoproteasen en exoproteasen. Een exoprotease/exopeptidase kan alleen een aminozuur aan het eind van een keten eraf halen. Een endoprotease/ endopeptidase kan midden in een peptideketen knippen (figuur 6). Iedere soort protease kan een peptideketen slechts op één specifieke plaats aanvallen.



Figuur 6 Schematische weergave werking endopeptidase

De onderzoekers hebben met een endopeptidase gewerkt. Dit endopeptidase verbreekt alleen vóór het aminozuur fenylaniline de peptideverbinding, gezien vanaf de N-terminus opioïde peptide. De N-terminus is de aanduiding van het begin van een polypeptide en bestaat uit een aminozuur en een ongebonden aminogroep ($R-NH_2$). De naam duidt op het stikstofatoom van de vrije aminogroep

De afbraak door het endopeptidase vindt plaats vanaf het uiteinde van de peptideketen waar $-Lys-NH_2$ zit, dus vanaf de C-terminus. Dit is de aanduiding van het einde van een polypeptide en bestaat uit een aminozuur met een ongebonden carboxygroep ($R-COOH$). De naam duidt op de ongebonden carboxygroep.

- 16 Geef de verbindingen aan die achtereenvolgens zullen ontstaan als dit endopeptidase peptideverbindingen openknipt van $H-Dmt-Arg-Phe-Phe-Glu-Phe-Gln-Phe-Lys-NH_2$.

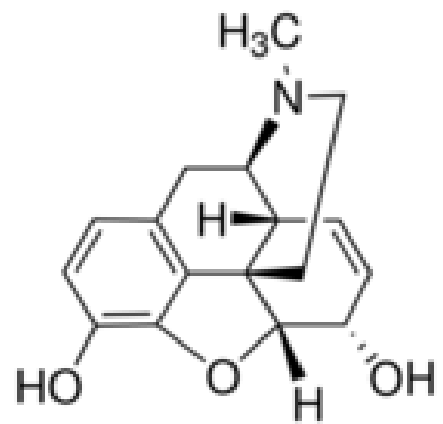
Optimalisatie peptide

In het artikel staat "De VUB-onderzoekers hebben de peptiden verder geoptimaliseerd ..."

- 17 Leg uit wat de onderzoekers kunnen doen om de peptide te optimaliseren.

Bijlage

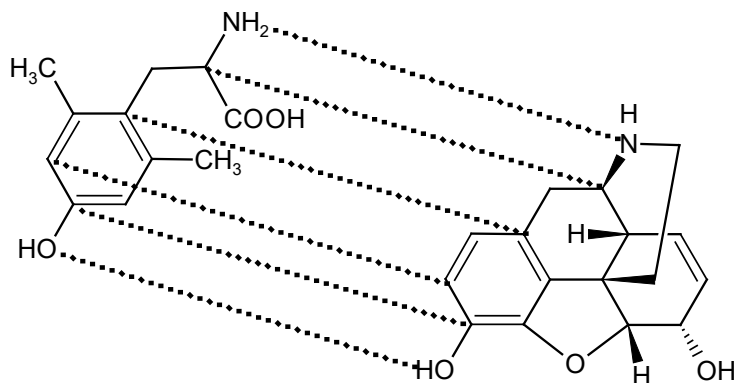
Antwoord 5



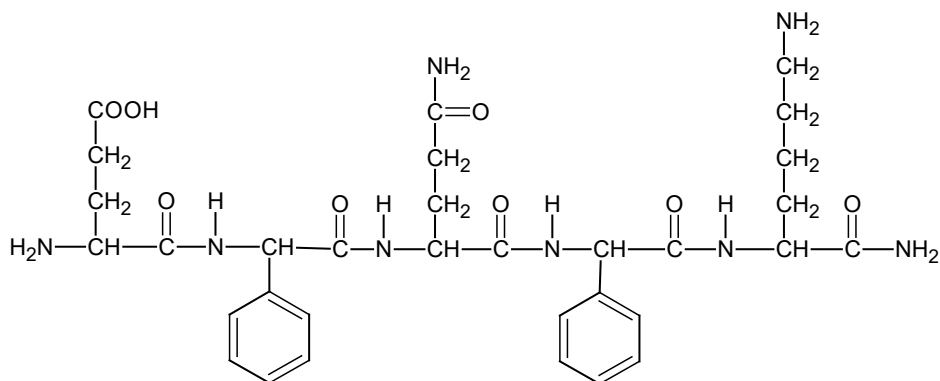
Een natuurlijke pijnstillende gel

- 1 Er treden geen nadelige neveneffecten op zoals snelle en sterke verslaving en nevenwerkingen als constipatie, gewenning en een onderdrukking van de ademhaling.
- 2 De belangrijkste functies van een gecontroleerd medicijnafgiftesysteem zijn om het medicijn op de juiste plaats in het lichaam te brengen en het daar in de gewenste tijd af te geven. Ontwikkeling van dergelijke afgiftesystemen voor medicijnen heeft als voordeel dat het medicijn over een langere periode zijn werking kan uitoefenen waardoor een langere therapeutische werking ontstaat. Ook is daardoor de concentratie in het lichaam lager.
- 3 Biologische afbraak is het proces waarbij organische verbindingen afgebroken worden door de natuurlijke ("biologische") stofwisseling van micro-organismen.
- 4 Ze maken gebruik van natuurlijke peptiden/eiwitten

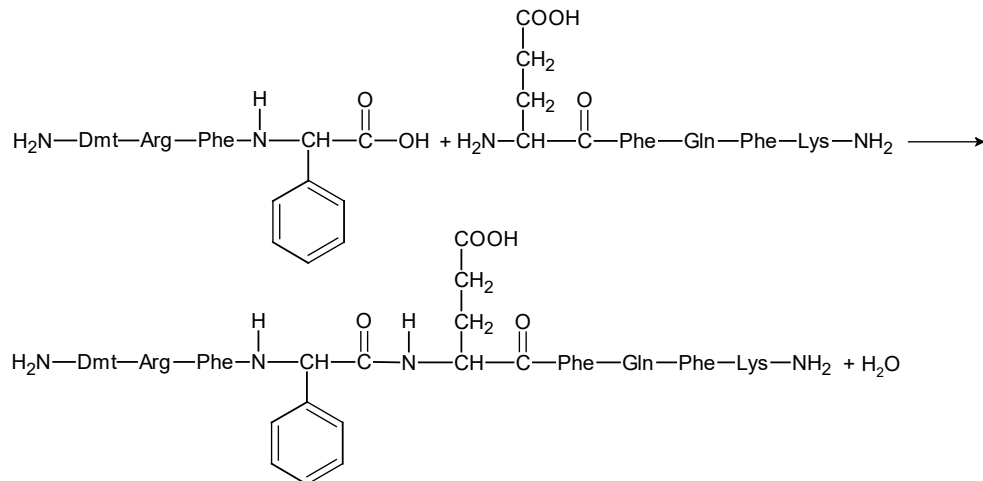
5



6



- 7 Phe, fenylalanine, vanwege de fenylring die hydrofoob is.
- 8 De NH-groepen in aminozuren in de ene peptideketen vormen waterstofbruggen met nabijgelegen C=O-groepen in de naburige peptideketen.
- 9 In een dubbellaag richten de apolaire groepen zich naar elkaar en wijzen de polaire groepen naar buiten. De polaire groepen hebben contact met de hydrofiele omgeving waarin de dubbellaag zich bevindt.
- 10 In een gel zijn waterstofbruggen aanwezig tussen de vezels. Als een opioïde peptide in de holte verblijft zal het ook waterstofbruggen aangaan.



- 12 Atoombinding of covalente binding
- 13 Diffusie uit de holte en desorptie van de vezel. Ook zal erosie van de gel optreden.
- 14 Afbraak achtereenvolgens van vezels, de dubbellaag en de keten met behulp van enzymen.
- 15 Er kan dan toch in een keer meer opioïde peptide vrij komen.
- 16 Biogel: $\text{H}_2\text{N}-\text{Dmt}-\text{Arg}-\text{Phe}-\text{Phe}-\text{Glu}-\text{Phe}-\text{Gln}-\text{Phe}-\text{Lys}-\text{NH}_2$
 Eerste afsplitsing: $\text{H}_2\text{N}-\text{Dmt}-\text{Arg}-\text{Phe}-\text{Phe}-\text{Glu}-\text{Phe}-\text{Gln}-\text{OH}$ en $\text{H}_2\text{N}-\text{Phe}-\text{Lys}-\text{NH}_2$
 Tweede afsplitsing: $\text{H}_2\text{N}-\text{Dmt}-\text{Arg}-\text{Phe}-\text{Phe}-\text{Glu}-\text{OH}$ en $\text{H}_2\text{N}-\text{Phe}-\text{Gln}-\text{OH}$
 Derde afsplitsing: $\text{H}_2\text{N}-\text{Dmt}-\text{Arg}-\text{OH}$ en $\text{H}_2\text{N}-\text{Phe}-\text{Phe}-\text{Glu}-\text{OH}$
- 17 De aminozuren of de aminozuurvolgorde in het peptide aanpassen om zo de snelheid van de afbraak te verlagen of verhogen.

Opmerking bij vraag 11: De reactie is in feite gecompliceerder, omdat beide moleculen ipv de C-terminus met een -COOH groep een amidegroep als eindgroep hebben. In een reactie wordt eerst de NH_2 groep van de amidegroep vervangen door een -OH groep. Omdat dit te ver gaat voor vwo hebben we dit gegeven

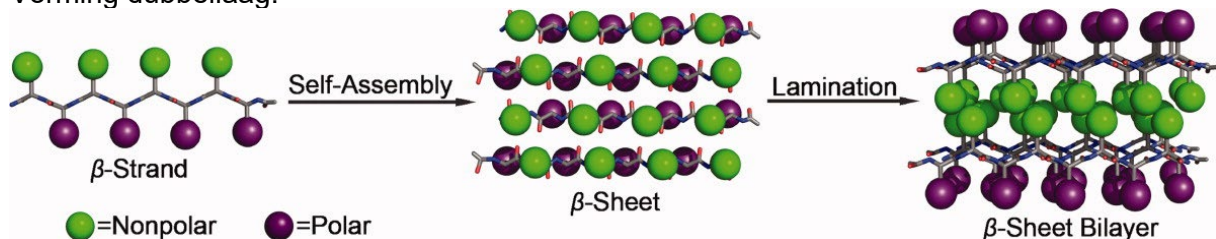
Artikel:

http://www.engineeringnet.be/belgie/detail_belgie.asp?id=21266&category=research&titel=VUB-onderzoekers%20ontwikkelen%20natuurlijke%20pijnstillende%20gel

Literatuur en bron figuren 3, 4, 5 : Martin C (2018), Biodegradable Amphipathic Peptide Hydrogels as Extended-Release System for Opioid Peptides, J Med Chem., 61(21), 9784-9789.

Extra info:

Vorming dubbellaag:



KUNSTMEST GROOTSTE CHEMISCHE INNOVATIE

Klas	4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Kunstmest, ammoniak, methaan, water, ureum, ammoniumnitraat, Haber-Boschproces, evenwicht, stikstofpercentage, groene grondstof, circulair
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie Magazine, december 2018

KUNSTMEST GROOTSTE CHEMISCHE INNOVATIE

Zonder kunstmest zou de aarde lang niet genoeg voedsel kunnen opbrengen voor de hele wereldbevolking. Nu al wordt zo'n 50 procent gevoed dankzij kunstmest. In 2050 zal de wereld naar verwachting 9,1 miljard mensen tellen en moet de voedselproductie met 70 procent groeien om te voldoen aan de vraag. Zonder kunstmest is dat onmogelijk.

Nobelprijs

Stikstof, in de bodem omgezet in nitraat, zorgt ervoor dat gewassen belangrijke verbindingen zoals aminozuren, eiwitten, DNA, enzymen, vitamines en chlorofyl kunnen maken. In 1908 ontdekten de chemici Fritz Haber en Carl Bosch hun 'way to turn air into bread', zoals een wetenschapsauteur het proces later omschreef. Hun befaamde Haber-Boschproces gaat uit van synthese van ammoniak uit stikstof uit de lucht en waterstof (uit aardgas) en wordt nog altijd veel toegepast. Het werd in 1931 bekroond met de Nobelprijs.

Ureum en ammoniumnitraat

De eenvoudigste en goedkoopste kunstmestvorm is ureum, waarin de ammoniak wordt gebonden met CO_2 en waarvan kunstmestkorrels worden gemaakt. Een andere productieroute is oxideren van ammoniak tot salpeterzuur, wat je vervolgens bij elkaar brengt met ammoniak om de meststof ammoniumnitraat te maken. Kunstmest op basis van ammoniumnitraat (AN) bevat stikstof in de vorm van ammonium (NH_4^+) en nitraat (NO_3^-). Nitraat verplaatst zich makkelijk door de bodem en kan snel door plantenwortels worden opgenomen. Ook een groot deel van het ammonium wordt door bacteriën in de bodem omgezet in nitriet (NO_2^-) en vervolgens in het makkelijk opneembare nitraat.

Stikstof en waterstof reageren met elkaar in een evenwichtsreactie tot ammoniak. De beste reactieomstandigheden zijn 200 bar en 450 °C.

- 1 Geef de vergelijking van de evenwichtsreactie.
- 2 Leg uit of de genoemde reactieomstandigheden zorgen voor een zo hoog mogelijke opbrengst. Gebruik in je uitleg de ligging van het evenwicht en de reactiesnelheid.

Ureum

Ureum is de eenvoudigste kunstmest, $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$.

- 3 Geef de reactievergelijking van de vorming van ureum.
- 4 Leg uit dat ureum makkelijk oplost in een waterige omgeving.

AN

Een andere kunstmest is ammoniumnitraat die je krijgt als je ammoniak met salpeterzuur, HNO_3 , laat reageren. Salpeterzuur is gevormd door oxidatie van ammoniak.

- 5 Geef reactievergelijking van de oxidatie van ammoniak waarbij naast salpeterzuur ook water ontstaat.
- 6 Geef de reactie van de vorming van ammoniumnitraat in een vergelijking weer.

In de bodem

In de bodem kunnen nitraationen door de plant opgenomen worden. Ammoniumionen worden via een oxidatiereactie door bacteriën eerst omgezet in nitraationen voordat ze door de plant opgenomen kunnen worden.

- 7 Geef de oxidatie van ammoniumionen in een reactievergelijking weer.

Ammoniumnitraat en ook ureum bevatten een hoog percentage stikstof.

- 8 Laat via een berekening zien welke van de twee het hoogste percentage stikstof bevat.

TOEKOMST

Precisielandbouw heeft de toekomst. Met sensoren op het gewas, in de bodem, op de tractor, in een drone of via satellieten precies weten hoeveel kunstmest er waar en wanneer nodig is. In de verre toekomst zien betrokkenen meer gebruik van (groene) waterstof in plaats van aardgas voor de productie van ammoniak. Daarnaast is er de uitdaging om meer circulair te werken door op grotere schaal meststoffen zoals fosfaten en stikstof te halen uit afvalstromen, zoals afvalwater, en deze zo meer in de kringloop te houden.

Bron: Chemie Magazine

In de toekomst zullen de gebruikte grondstoffen groener moeten zijn en zal er meer circulair gewerkt moeten worden.

- 9 Wat versta je onder groenere grondstoffen?
- 10 En wat versta je onder circulair werken?
- 11 Waarom zal circulair werken in de toekomst noodzakelijk worden?

Kunstmest grootste chemische innovatie

- 1 $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$.
- 2 De hoge druk zorgt voor een hogere reactiesnelheid en zorgt ervoor dat het evenwicht naar rechts, de kant van de minste gasdeeltjes, verschuift. Ook de hogere temperatuur zorgt voor een hogere reactiesnelheid maar zorgt er ook voor dat de reactie naar links, de endotherme kant, meer optreedt.
- 3 $2 \text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{-CO-NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
- 4 Ureum bevat twee NH_2 -groepen die met watermoleculen H-bruggen kunnen vormen.
- 5 $\text{NH}_3 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.
- 6 $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$.
- 7 $\text{NH}_4^+ + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$.
- 8 Ureum: $\text{massa\% N} = \frac{28,02}{60,06} \times 100\% = 46,65 \text{ \% N}$.

Ammoniumnitraat: $\text{massa\% N} = \frac{28,02}{80,05} \times 100\% = 35,00 \text{ \% N}$.
- 9 Groene grondstoffen zijn duurzame grondstoffen, de natuur kan ze zelf op korte termijn weer produceren, of de benodigde grondstof (zoals waterstof) kan via duurzame energie gevormd worden.
- 10 Circulair betekent dat er een kringloop is. De stof kan daardoor steeds weer opnieuw als grondstof gebruikt worden.
- 11 Steeds vaker zal het gebeuren dat de grondstofvoorraad (zoals bij fosfaat) eindig is. Er zal dan wel circulair gewerkt moeten gaan worden.

HOE MAAK JE VAN EEN CACAOBOON CHOCOLADE?

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties; Chemie van het leven
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redox, Eiwitten
Trefwoorden	Pure- melk- en witte chocola productie, Maillard, halfreacties, hydrolyse
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

de Volkskrant, Sir Edmund, 1 december 2018

Hoe maak je van een cacao boon chocolade?

Veel kinderen vinden deze week een chocoladeletter in hun schoen. Wij vroegen ons af: hoe maak je zo'n lekkere letter van een cacao boon?



MELK

Cacaopoeder, suiker, cacaoboter en melkpoeder

Cacaopoeder $\geq 25\%$ Cacaoboter $\geq 25\%$



Puur

Cacaopoeder, suiker en cacaoboter

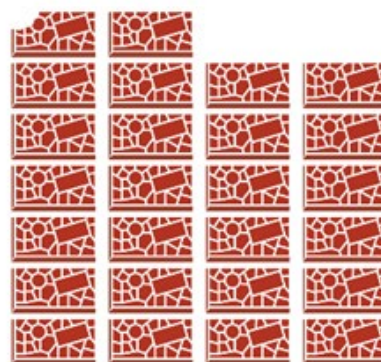
Cacaopoeder $\geq 35\%$ Cacaoboter $\geq 18\%$



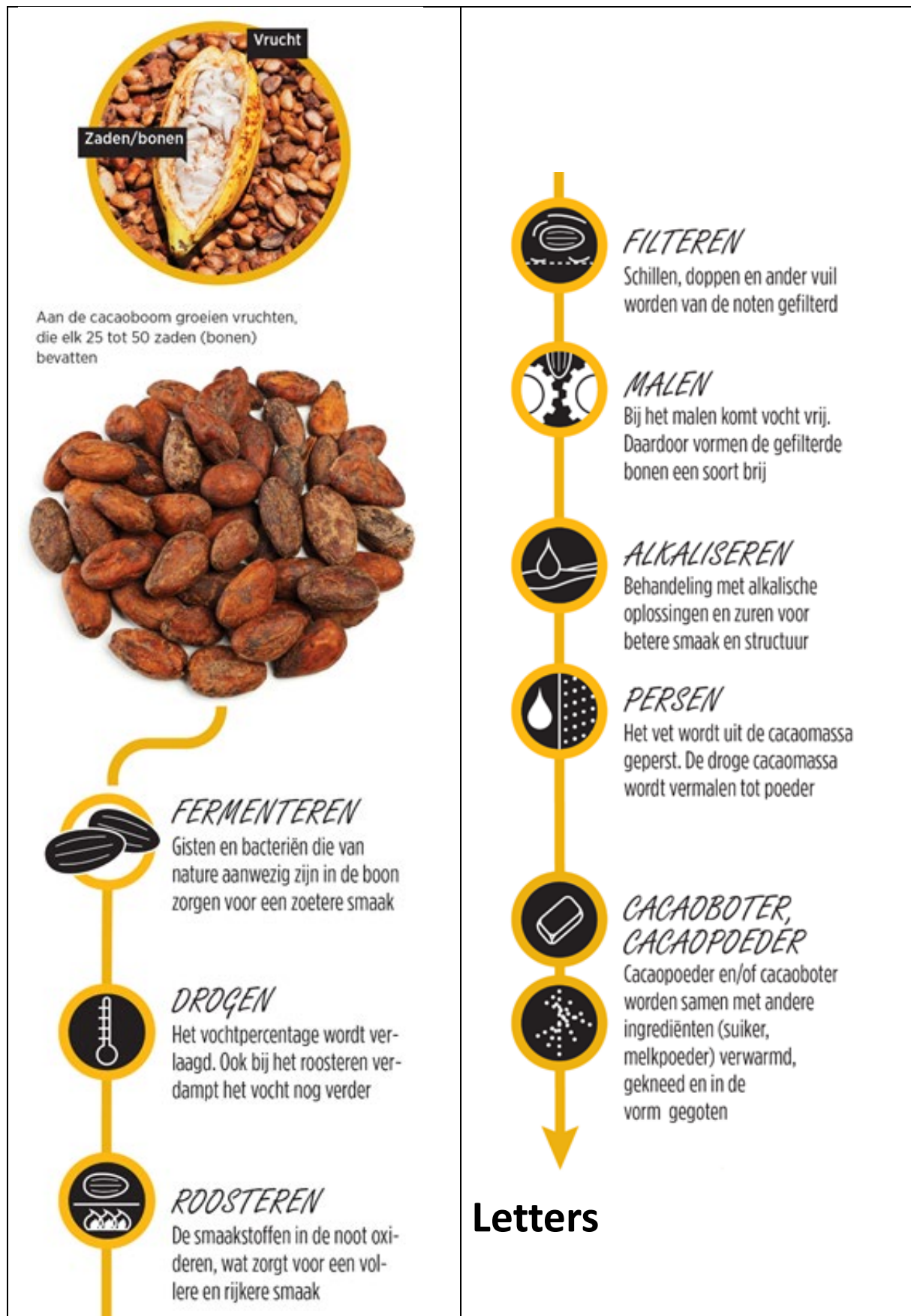
WIT

Cacaoboter, suiker en melkpoeder

Cacaoboter $\geq 20\%$



Volgens de laatste cijfers, uit 2015, eten Nederlanders gemiddeld **4,7 kilo** chocola per jaar. Dat zijn **26** Tony's Choclonely of **35** Verkade chocoladeletters



Uit het artikel in de Volkskrant blijkt hoe uit cacaobonen pure chocola wordt gemaakt.

- 1 Noteer bij welke van de stappen een chemische reactie plaatsvindt en bij welke een scheidingsmethode.

De eerste stap in het proces is het fermenteren.

- 2 Wat gebeurt er volgens het artikel bij het fermenteren?

Aan een cacaoboorn groeien tegelijkertijd knoppen, bloemen en vruchten. Er kan dan ook gedurende een aantal maanden worden geoogst. De schil van de vrucht wordt verwijderd. Er blijft een cacaoboorn met aanhangende pulp over. Op de pulp beginnen micro-organismen zoals schimmels te groeien.

De schimmels zetten koolhydraten uit de pulp eerst om in glucose, vervolgens in ethanol.

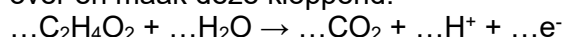
- 3 Geef de vergelijking voor de omzetting van glucose in onder andere ethanol.

Onder invloed van bacteriën vindt daarna de oxidatie van ethanol tot azijnzuur en vervolgens tot koolstofdioxide plaats. De oxidatiereacties leveren de bacterie energie. De oxidatiereacties zijn redoxreacties.

- 4 Neem de onvolledige halfreactie voor de omzetting van ethanol in azijnzuur over en maak deze kloppend:



- 5 Neem ook de onvolledige halfreactie voor de omzetting van azijnzuur in koolstofdioxide over en maak deze kloppend:



- 6 Vergelijk wat er ontstaat bij deze chemische reacties met je antwoord op vraag 2.

Het fermenteren brengt dus chemische reacties in de pulp en de bonen op gang. Het fermenteren duurt 2 tot 7 dagen. Na zo'n twee dagen begint de pulp te desintegreren. Het zijn exotherme reacties, waardoor de temperatuur kan oplopen tot ongeveer 45 °C. Door de aanwezigheid van azijnzuur en de hoge temperatuur wordt de cacaoboorn afgebroken. De celwanden gaan kapot. Hierdoor kan hydrolyse van eiwitten optreden.

- 7 Wat versta je onder hydrolyse?

- 8 Welke producten ontstaan bij de hydrolyse van eiwitten?

Bij zowel het drogen als het roosteren verdwijnt er vocht uit de massa. Bij het roosteren treden zogenoemde Maillard reacties op. De voorwaarden voor het verlopen van deze reacties zijn:

- de aanwezigheid van aminozuren
- de aanwezigheid van suikers als glucose, fructose
- een temperatuur van 150 °C
- weinig water
- een hogere pH bevordert ook de Maillard reacties.

Er treden reacties op tussen de aminogroep van aminozuren en de C=O groep van de suiker waardoor de geur- en smaakstoffen ontstaan die kenmerkend zijn voor chocola.

- 9 Leg uit hoe het komt dat je op deze manier heel veel verschillende smaak- en geurstoffen kunt maken.

Er zitten honderden stoffen in geroosterde cacaobonen. De namen van een aantal van de geur- en smaakstoffen zijn:

Propaan-1-ol, trans-hex-3-een-1-ol, 2-fenyl-but-2-enal, heptaan-2-on, 3-fenylprop-2-eenzuur en ethylbutanoaat.

10 Teken de structuurformules van de moleculen van deze stoffen.

Bij het roosteren verdwijnen door de hogere temperatuur ook stoffen als azijnzuur uit de pulp.

11 Laat aan de hand van een gegeven uit *Binas* zien, dat dit klopt.

De volgende stappen zijn het filteren, malen en alkaliseren.

12 Leg uit hoe na het malen er een soort brij ontstaat, terwijl bij het drogen en roosteren juist water is verwijderd.

13 Leg uit wat je verstaat onder alkaliseren.

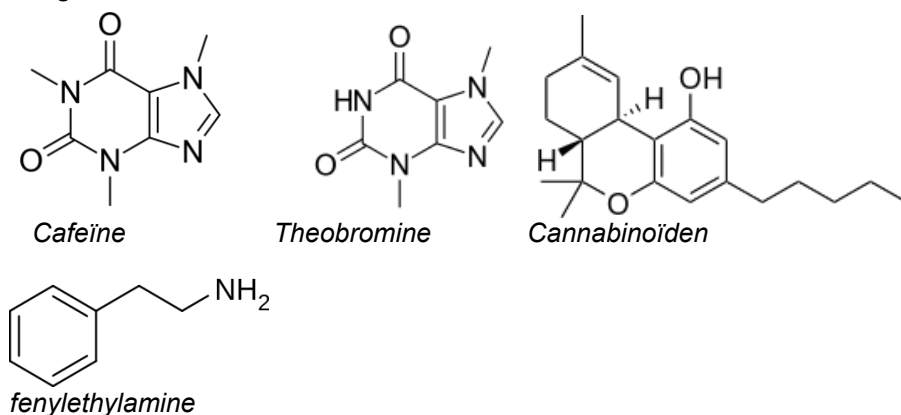
14 Leg uit of deze stap ook ergens anders in het proces had kunnen plaatsvinden.

Bij het persen ontstaan cacaopoeder en cacaoboter. Cacaoboter bestaat voornamelijk uit een vet, bestaande uit glycerol met palmitinezuur(P), oliezuur(O) en stearinezuur (S). De moleculen die het meest voorkomen zijn de triglyceriden POS, SOS en POP. Cacaoboter smelt bij ongeveer 36 °C.

15 Teken een triglyceride met POS.

16 Leg uit hoe het komt dat cacaoboter een vet is en geen olie.

Chocola staat bekend als een verslavend goedje. Er is geen heerlijker moment dan een stuk chocola in je mond laten smelten. Geeft chocola je een echte 'happy high'? Wat zit er in het cacaopoeder dat daarvoor verantwoordelijk kan zijn: cafeïne, theobromine, cannabinoïden en fenylethylamine. De structuurformules van de moleculen van de genoemde stoffen staan in figuur 1.



Figuur 1

Deze vier stoffen staan bekend om hun stimulerend en/of een goed gevoel gevend effect. Toch is er van deze stoffen maar heel weinig aanwezig in chocola. Ze worden ook heel snel in ons lichaam afgebroken. Door de theobromine is chocola voor honden zelfs gevaarlijk.

17 Waaraan doet de naam cannabinoïden je denken?

De naam fenylethylamine kan verwarring oproepen.

18 Leg uit waarom 2-fenylethaan-1-amine beter is.

Onderzoek heeft uitgewezen dat aan het verlangen naar chocola ook met witte chocola wordt voldaan.

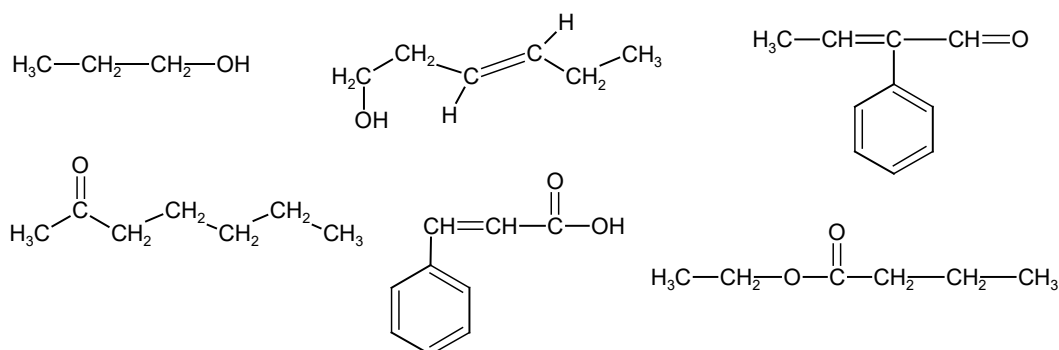
- 19 Beredeneer welk effect waarschijnlijk verantwoordelijk is voor het verlangen naar chocola.

Als een stuk pure of melkchocola geheel of gedeeltelijk is gesmolten komt er na stollen een witte uitslag op.

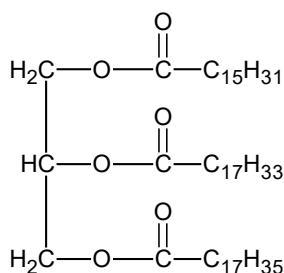
- 20 Leg uit waaruit die witte uitslag bestaat.

Hoe maak je van een cacaoboon chocolade?

- 1 Een chemische reactie: fermenteren, roosteren, alkaliseren. Een scheidingsmethode bij drogen, filteren, persen.
- 2 Gisten en bacteriën zorgen voor een zoetere smaak.
- 3 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$
- 4 $C_2H_6O + H_2O \rightarrow C_2H_4O_2 + 4 H^+ + 4 e^-$
- 5 $C_2H_4O_2 + 2 H_2O \rightarrow 2 CO_2 + 8 H^+ + 8 e^-$
- 6 Het wordt door het ontstaan van glucose eerst wel zoet, maar vervolgens wordt dit omgezet in ethanol, azijnzuur en CO_2 .
- 7 Het met behulp van water splitsen van een molecuul.
- 8 Aminozuren
- 9 Er zijn veel verschillende aminozuren mogelijk. Er zijn ook meerdere suikers mogelijk. Dit levert een groot aantal combinaties op.
- 10



- 11 Het kookpunt van azijnzuur (ethaanzuur) is $391\text{ K} \equiv 391 - 273 = 118\text{ }^\circ\text{C}$. Het proces verloopt bij $150\text{ }^\circ\text{C}$, dus het azijnzuur verdampt.
- 12 Bij het malen komt het vocht van helemaal binnenuit vrij. Dit was bij het drogen en roosteren nog niet verdwenen.
- 13 De pH wordt op een bepaalde waarde gebracht om een betere smaak en structuur te krijgen.
- 14 Ja, want er staat in de tekst boven vraag 9 dat de maillard reacties bij een hogere pH beter verlopen.
- 15



- 16 Behalve het deel van oliezuur zijn de zuurresten verzadigd. Dan is er een hoger smeltpunt, dus een vet.
- 17 Aan cannabis in weed.
- 18 Fenylethylamine geeft niet goed aan waar de fenylgroep zit. Aan dezelfde C als de aminogroep. Zelfs kunnen zowel de fenyl als de ethyl groep aan de aminogroep zitten. Dus met nummers beter aangeven.
- 19 In witte chocola zit geen cacaopoeder, maar wel cacaoboter. Het gelukzalige gevoel zal afkomstig zijn van het smelten van het vet in de mond.
- 20 Door het smelten scheiden de cacaoboter en het cacaopoeder een beetje. De cacaoboter komt dan aan het oppervlak te liggen.

ELEMENTS IN THE SPOTLIGHT: BERYLLIUM

<i>Klas</i>	4 hv
<i>Subdomein</i>	Binding, structuren en eigenschappen
<i>Vaardigheid</i>	Informatie
<i>Specificaties</i>	Stofeigenschappen
<i>Trefwoorden</i>	Beryllium, stofeigenschap, atoombouw, neutron, periodiek systeem, legering, corrosie, massapercentage, Engelstalig artikel
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Informatiebegripsvraag

Science in School, winter 2018

Elements in the spotlight: Beryllium

The element beryllium is perhaps one of the strangest in the periodic table. It is the second lightest metal (by atomic mass), after lithium, and it is also surprisingly unreactive compared to its elemental neighbors. Beryllium is the first element in Group 2, and – unlike the other alkaline earth metals (such as magnesium, calcium and strontium) – it resists interacting with most other substances. In fact, this dark-grey metal would be one of the most useful elements in the periodic table if it were more abundant and not so dangerous to work with.



Alloys and applications

Beryllium's chemical stability is due to its tendency to form a very thin, unreactive oxide layer on its surface. This and its low density are advantages, in making very strong, corrosion-proof metal alloys, such as beryllium-copper. These alloys have uses in high-stress applications, such as helicopter rotors. They are also used as an alternative to steel in some tools – especially where there are high magnetic fields, such as from radio transmitters or magnetic resonance imaging (MRI) equipment in hospitals. Pure beryllium is also used in some specialist applications, despite its high cost, because of its superb engineering qualities. As well as its lightness and strength, beryllium has a high melting point and relatively low thermal expansion, so it changes very little when heated – or when cooled to exceptionally low temperatures, such as those in space. These qualities have made beryllium the material of choice in many aerospace applications, including for parts of satellites and supersonic aircraft. The James Webb Space Telescope (JWST) – a new space telescope to replace the Hubble – will have mirrors made from pure beryllium.

Rare and dangerous

But as well as these exceptional qualities, beryllium has a troublesome side. First, the element is scarce: it is found only in rare minerals, such as beryl – the type of gemstone that includes emeralds and aquamarines. This scarcity makes beryllium expensive, so it is used only when absolutely necessary. Yet where it is used, it's there to stay: beryllium components within X-ray research facilities could last hundreds of years before they need to be replaced. Another problem is that beryllium is notoriously toxic. Breathing in just a small amount of beryllium dust can cause berylliosis – a disease with persistent, incurable symptoms similar to pneumonia, and which may lead to cancer.

- 1 Wat maakt beryllium zo anders dan de overige elementen in groep 2 van het periodiek systeem?

- 2 Welke eigenschappen van beryllium staan in het artikel?
- 3 Beschrijf drie toepassingen van beryllium.
- 4 Waarom wordt beryllium alleen maar gebruikt als het absoluut noodzakelijk is?

Beryllium is veel stabielere dan je zou verwachten.

- 5 Leg aan de hand van de plaats van beryllium in het periodiek systeem uit waarom je mag verwachten dat beryllium veel reactiever zal zijn.

Beryllium vormt, blootgesteld aan de lucht een oxidelaagje.

- 6 Geef de reactievergelijking van deze oxidatie.
- 7 Waarom wordt dit een beschermend oxidelaagje genoemd?

Beryllium vormt met koper een zeer sterk mengsel dat ook nog eens nauwelijks corrosie vertoont.

- 8 Hoe noemt men een mengsel zoals beryllium-koper ook wel?
- 9 Wat versta je onder corrosie?
- 10 Verklaar de lage dichtheid van beryllium.

Beryllium is een kostbaar metaal. Het komt in de natuur voor in de vorm van mineralen zoals *beryl* met formule $\text{Al}_2\text{Be}_3\text{Si}_6\text{O}_{18}$, en *emerald* met formule $\text{Al}_2\text{Be}_3(\text{SiO}_3)_6$.

- 11 Laat zien aan de hand van de formules van beryl en emerald dat het dezelfde verhoudingsformules zijn.
- 12 Leid aan de hand van de formule van het mineraal emerald de lading af van het silicaation, SiO_3^{X-} .
- 13 Bereken het massapercentage beryllium in het mineraal beryl.

Discovery of the neutron

Beryllium played a crucial role in the discovery of the neutron in 1932. A few years earlier, several scientists had observed that beryllium produced emissions when bombarded with alpha particles. Because the emissions had no charge (unlike the only known subatomic particles, electrons and protons), the scientists concluded that they must be gamma rays – high-energy photons. However, the energy of the emissions was not what would be expected for gamma rays. In 1932, British scientist James Chadwick repeated the experiment and concluded that the emissions must be a new subatomic particle with no charge – the neutron. From this work he was also able to calculate the mass of the new particle, which he found was similar to that of the proton – just as we know today. In 1935, Chadwick was awarded the Nobel Prize in Physics for his discovery.

Beryllium facts

Element name: Beryllium

Symbol: Be

Atomic number: 4

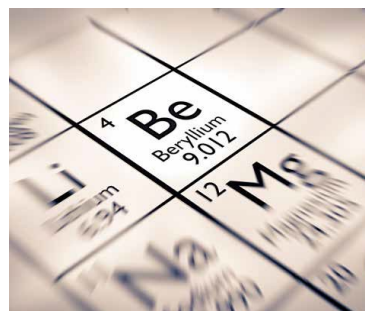
Relative atomic mass: 9,012

Density: 1,85 g/cm³

Melting point: 1287 °C

Periodic table group: 2 (alkaline earth metals)

Abundance in Earth's crust: 2–6 parts per million



Discovery: Minerals containing beryllium (such as beryl and emerald) have been known since ancient times. The element itself was identified in 1798, but the name beryllium was not used until 30 years later.

Science in School, winter 2018

Beryllium is het element waardoor het neutron ontdekt is.

14 Welke rol speelde beryllium bij de ontdekking van het neutron?

Beryllium komt in de natuur voor 100% voor als Be-9.

15 Geef de samenstelling van een kern van Be-9 weer.

De relatieve atoommassa van Be-9 is 9,012.

16 Wat betekent 'relatieve' in 'De relatieve atoommassa van Be-9 is 9,012'?

Beryllium komt in de aardkorst voor 2-6 massa-ppm voor.

17 Geef "2-6 massa-ppm" weer in mg per kg.

18 Bereken hoeveel massa-ppm van de mineralen beryl en emerald samen voorkomen in de aardkorst. Neem aan dat dit de enige mineralen met beryllium als element in de aardkorst zijn.

Elements in the spotlight: beryllium

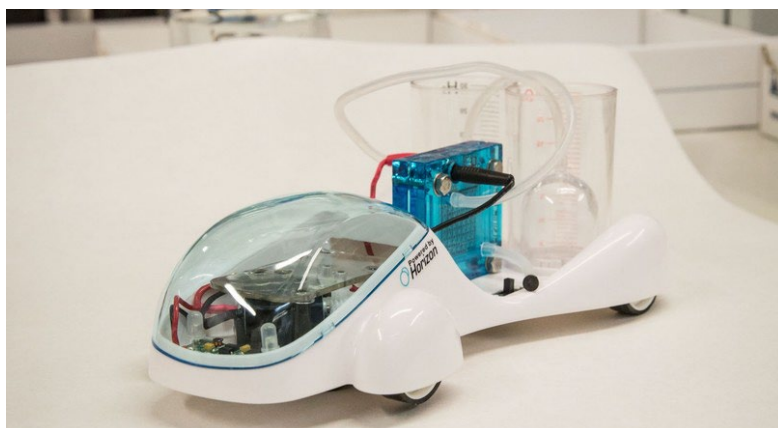
- 1 Beryllium is weinig reactief terwijl de overige metalen uit groep 2 juist zeer reactief zijn.
- 2 Beryllium is zeer stabiel, reageert nauwelijks met andere stoffen, het heeft een zeer lage dichtheid, vormt een afsluitend oxidelaagje. Verder heeft beryllium een hoog smeltpunt en een lage uitzettingscoëfficiënt.
- 3 Als element in de legering beryllium-koper dat gebruikt wordt in helikopterrotorbladen. In legeringen voor gereedschappen die gebruikt worden bij magnetische apparaten. Verder vooral in de luchtvaart.
- 4 Beryllium is erg kostbaar en zeer giftig.
- 5 Beryllium staat in groep 2 bij de aardalkalimetalen zoals magnesium en calcium die zeer reactief zijn.
- 6 $2 \text{ Be} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ BeO}$.
- 7 Het oxidelaagje sluit de rest van het beryllium af. De oxidelaag is ondoorlatend.
- 8 Een legering of alliage.
- 9 Corrosie is de aantasting van materialen door stoffen uit de atmosfeer (onder andere zuurstof en waterdamp).
- 10 De atoommassa van beryllium is op lithium na het kleinst.
- 11 Beryl of Emerald: $\text{Al}_2\text{Be}_3\text{Si}_6\text{O}_{18}$ ofwel $\text{Al}_2\text{Be}_3(\text{SiO}_3)_6$. $(\text{SiO}_3)_6$ bevat 6 Si en 18 O, ofwel Si_6O_{18} .
- 12 Aluminiumion is $3+$, berylliumion is $2+$, dus samen $2 \times 3+ + 3 \times 2+ = 12+$. Dan ook samen $12-$ voor 6 SiO_3^{x-} , dus $6 \times 2-$. Formule ion is dus SiO_3^{2-} .
- 13 Massapercentage =
$$\frac{3 \times 9,012}{3 \times 9,012 + 2 \times 26,98 + 6 \times 28,09 + 18 \times 16,00} \times 100\% = \frac{27,036}{537,536} \times 100\% = 5,03 \text{ massa-\%}.$$
- 14 Men nam waar dat bij beschieting van beryllium met alfadeeltjes er een emissie plaatsvond. In eerste instantie dacht men dat het gammastraling was maar de energie-inhoud van de straling kwam daar niet mee overeen. Chadwick herhaalde het experiment en kwam tot de conclusie dat het een ongeladen deeltje moest zijn met een massa gelijk aan de massa van een proton.
- 15 Be-9: atoomnummer 4, dus 4 protonen en $9 - 4 = 5$ neutronen.
- 16 Relatief ten opzichte van $1/12^e$ van de massa van een atoom C-12 met massa 12,000000 u.
- 17 2-6 massa-ppm betekent 2-6 mg per kg.
- 18 Beryllium komt in beryl en emerald voor 5,03 massa-% voor. In de aardkorst komt beryllium 2-6 massa-ppm voor, dus in beryl/emerald
$$\frac{100}{5,030} \times 2 \text{ tot } 6 \text{ ppm} = 40 \text{ tot } 120 \text{ ppm}.$$

WATERSTOFAUTO MET ALCOHOL

Klas	5 hv, 6v
Subdomein	Industriële processen en Groene chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Atoomeconomie, blokschema
Trefwoorden	Dehydrogenering, silaanverbinding, methanol, veiligheid, waterstof, brandstofcel
Vaardigheidsvraag	Informatieselectievraag

www.deingenieur.nl, 23 november 2018

WATERSTOFAUTO MET ALCOHOL



Spaanse onderzoekers hebben een schaalmodel gebouwd van een nieuw soort waterstofauto. Die gebruikt vloeibare stoffen om waterstof mee te maken, zodat de auto veilig over straat kan rijden en kan tanken.

Het prototype gebruikt silaan (een groep stoffen met verbindingen van silicium en waterstof), die het met een alcohol omzet in waterstof. Om de reactie te versnellen voegen de onderzoekers een katalysator toe. Silaan en alcohol produceren waterstof en een aantal andere stoffen. Die stoffen kunnen weer omgevormd worden tot een mengsel van silaan en alcohol als je er waterstof bij doet; zo kan het proces dus lange tijd doorgaan met een kleine hoeveelheid van de reactiestoffen.

VLOEIBAAR

Voordeel is dat de oplossing van silaan en alcohol vloeibaar is, zelfs bij lage temperaturen. De reactie van de stoffen is constant en controleerbaar, waardoor je een vaste hoeveelheid waterstof naar de brandstofcel kan leiden.

Deze brandstof lost een belangrijk probleem van waterstof op. Puur waterstof moet namelijk onder druk getankt worden, wat allerlei extra infrastructuur in de auto en tankstations vereist. Bovendien is er een klein risico op lekken of ontploffing. Door waterstof in te kapselen in een andere stof (bij voorkeur vloeibaar) is dat probleem opgelost.

PIEPKLEIN WAGENTJE

De onderzoekers bouwden een piepklein autootje van een paar decimeter groot met dit systeem aan boord. Op deze schaal werkt het goed: het autootje rijdt op het mengsel. De vraag is natuurlijk of het ook werkt als je een echte tank hebt en een grote, zwaardere auto. 'We moeten meer silaan terugwinnen bij het proces en de hoeveelheid waterstof in het silaan vergroten', vertelt Hermenegildo García, één van de onderzoekers van het chemische instituut CSIC van de Universitat Politècnica de València in Spanje.

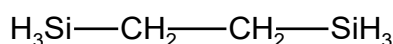
In Spanje wordt een nieuw onderzoek uitgevoerd om auto's in de toekomst op waterstof te laten rijden in plaats van met de huidige brandstoffen, zoals benzine en diesel,.

- 1 Noem twee redenen waarom men de huidige brandstoffen voor auto's niet meer wil gebruiken.
- 2 Welk probleem lost dit nieuwe onderzoek op als je kijkt naar het gebruik van waterstof?

Reactie

De alcohol die men gebruikt is methanol, een zogenoemde vloeibare organische waterstofdrager (liquid organic hydrogen carrier, LOHC). Het gaat hierbij om een organisch molecuul dat in staat is waterstofatomen op te nemen en weer af te geven.

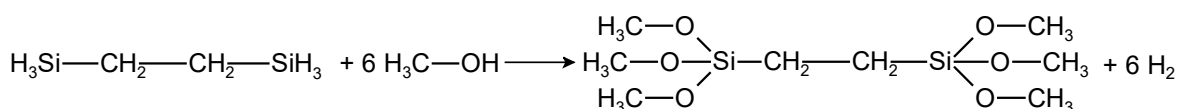
Als silaanverbinding hebben de onderzoekers onder andere 1,4-disilabutaan gebruikt (structuurformule zie figuur 1).



Figuur 1 Structuurformule 1,4-disilabutaan

- 3 Licht de naam van 1,4-disilabutaan toe.

De reactie van 1,4-disilabutaan met methanol levert waterstof op. De reactievergelijking staat weergegeven in figuur 2.



Figuur 2 Reactie van 1,4-disilabutaan met methanol

- 4 Geef de naam van het type reactie dat optreedt.

Het rendement van de reactie uit figuur 2 blijkt 100 % te zijn. De onderzoekers hebben het rendement bepaald door de vrijkomende hoeveelheid waterstof te meten.

- 5 Omschrijf een eenvoudig manier om de hoeveelheid ontstane waterstof bij de reactie te bepalen.

Zowel 1,4-disilabutaan als methanol zijn vloeibaar. Bij de reactie ontstaat gasvormig waterstof. Het andere product is ook vloeibaar. Wil je deze reactie in een voertuig kunnen gebruiken om waterstof te maken, dan zal in ieder geval aan twee voorwaarden moeten worden voldaan.

- 6 Noem die twee voorwaarden.

Katalysator

De reactie in figuur 2 is een exotherm proces. De reactie verloopt echter niet vanwege een te hoge activeringsenergie.

- 7 Teken het energiediagram voor deze reactie.

De Spaanse onderzoekers hebben een katalysator ontwikkeld waardoor de reactie wel kan verlopen.

- 8 Geef in je antwoord op vraag 7 aan wat hierdoor verandert in het energiediagram.

Atoomeconomie

Bij organische verbindingen die als LOHC gebruikt kunnen worden, spreekt men van de effectieve waterstofopslag capaciteit (effective **H**ydrogen **S**torage **C**apacity: HSC_{eff}). Deze HSC_{eff} heeft dezelfde definitie als de atoomeconomie.

- 9 Toon met een berekening aan dat de atoomeconomie (ofwel de HSC_{eff}) van de reactie (in figuur 2) 4,3 % is. Gegeven: molaire massa 1,4-disilabutaan = $90,27 \text{ g mol}^{-1}$.

De onderzoekers hebben 1,4-disilabutaan ook laten reageren met ethanol. Ook deze reactie had een rendement van 100 %. De atoomeconomie is echter kleiner dan voor de reactie met methanol.

- 10 Leg zonder berekening uit dat de atoomeconomie van de reactie van 1,4-disilabutaan met ethanol kleiner zal zijn dan die van de reactie met methanol.

In het artikel staat dat de modelauto goed functioneerde, maar dat om een echte auto te laten rijden onder andere de hoeveelheid waterstof in het silaan vergroot moet worden.

- 11 Teken de structuurformule van een silaan dat hieraan zou kunnen voldoen.
12 Geef de reactievergelijking voor de reactie van het door jou getekende silaan met methanol, waarbij onder andere waterstof ontstaat.
13 Bereken de atoomeconomie voor het door jou getekende silaan.

Gehele proces

In het artikel is sprake van drie onderdelen van een proces: de reactie om waterstof te produceren, het gebruik van de waterstof in een brandstofcel en het terugwinnen van de silaanverbinding door het reactieproduct te laten reageren met waterstof.

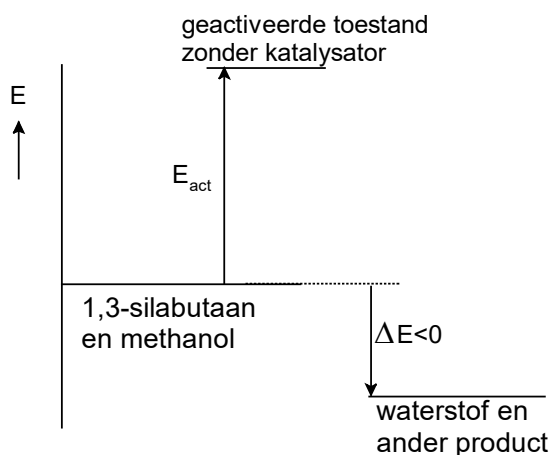
- 14 Geef de drie onderdelen van het proces in één blokschema weer.
15 Leg uit waarom het derde onderdeel waarschijnlijk niet in een auto zal plaats vinden.

De titel van een artikel is vaak kort en nodigt uit om te lezen.

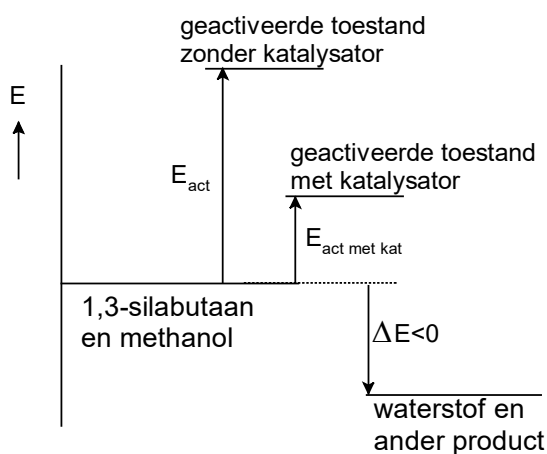
- 16 Geef je commentaar op de titel “waterstofauto met alcohol” na het lezen van het artikel en het maken van deze opgave.

Waterstofauto met alcohol

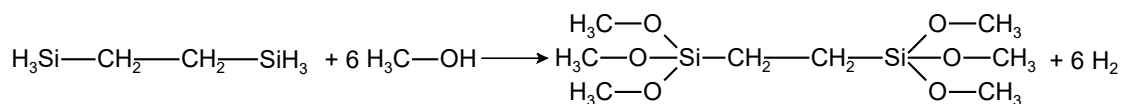
- 1 Vanwege het opraken van de fossiele brandstoffen en vanwege de uitstoot van
koolstofdioxide dat voor een versterkt broeikasgas zorgt.
- 2 Je kunt dan 'normaal' vloeistoffen tanken, terwijl je waterstof onder druk moet tanken.
- 3 In de structuurformule van butaan $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ zijn de koolstofatomen op de
plaatsen 1 en 4 vervangen door een siliciumatoom (sila).
- 4 Dehydrogenering.
- 5 Men kan het gas in een gasmeetspuit opvangen. (De onderzoekers hebben een
omgekeerde buret, gevuld met water, gebruikt).
- 6 De reactie moet snel genoeg zijn, zodat er snel voldoende waterstof vrij komt. De
reactie moet ook bij lagere temperaturen snel genoeg verlopen.
- 7



8



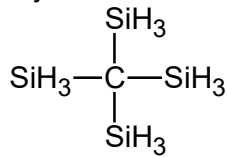
9



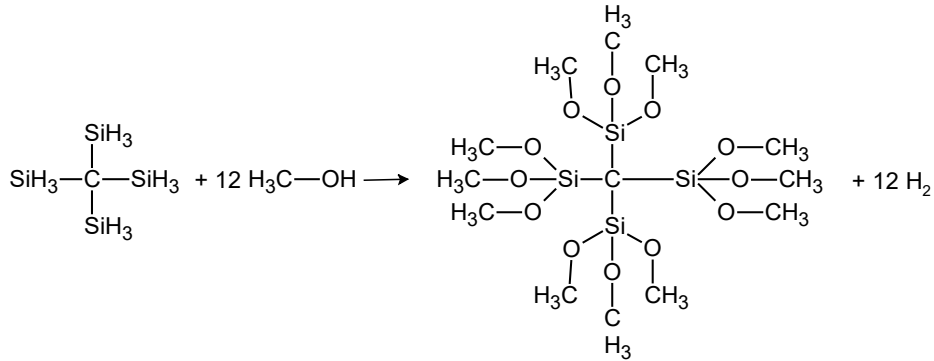
$$\text{Atoomeconomie} = \frac{6 \times 2 \times 1,008}{90,27 + 6 \times 32,042} \times 100 \% = 4,3\%$$

- 10 Ethanol heeft een grotere molecuulmassa dan methanol, dat betekent dat je bij de atoomeconomie deelt door een groter getal, terwijl de massa aan waterstof gelijk blijft → dus atoomeconomie is kleiner.

11 Bijvoorbeeld



12

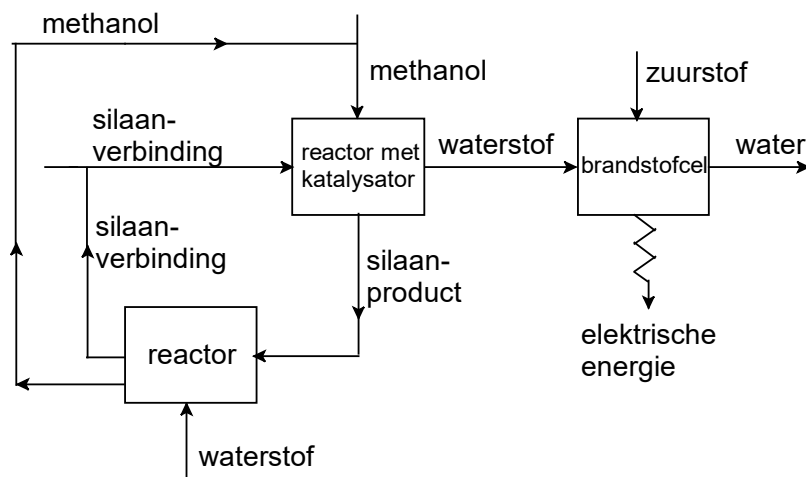


13 Voor het voorbeeld uit antwoord 12

Molaire massa $\text{C}(\text{SiH}_3)_4 = 12,01 + 4 \times 28,09 + 12 \times 1,008 = 136,43 \text{ g mol}^{-1}$.

$$\text{Atoomeconomie} = \frac{12 \times 2 \times 1,008}{136,4 + 12 \times 32,042} \times 100 \% = 4,6\%$$

14

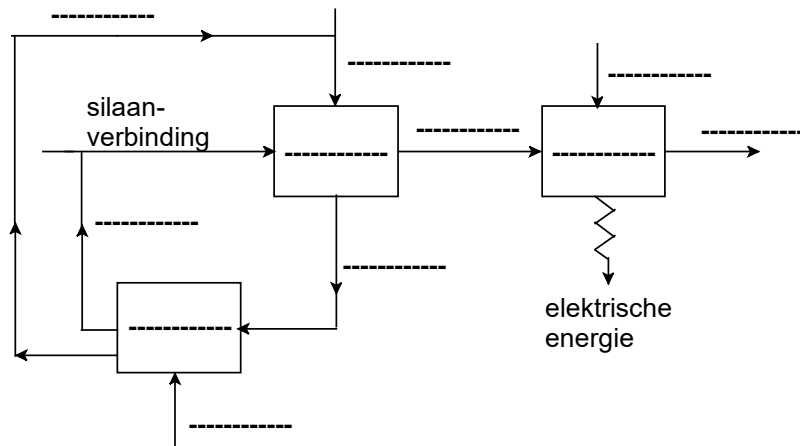


15 Je moet dan toch waterstof vervoeren of in de auto de mogelijkheid hebben om waterstof te maken

16 Bijvoorbeeld: auto rijdt inderdaad op waterstof. Een deel van de waterstof is afkomstig van de alcohol. Maar de siliciumverbinding is net zo belangrijk.

Alternatief vraag 14 met Leeg blokschema

14 Vul het lege blokschema (in de bijlage) voor de drie onderdelen van het proces aan



Artikel: <https://www.deingenieur.nl/artikel/waterstofauto-met-alcohol>

KAWAH IJEN VULKAAN, REISVERSLAG

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen reactieproducten (reactievergelijking)
Trefwoorden	Stofeigenschap, zwavel, SO ₂ , H ₂ S, blauw vuur, verbranding, stollen.
Vaardigheidsvraag	Informatieselectievraag

Reisverslag, november 2018

Kawah Ijen vulkaan

Vandaag ging ik al heel vroeg, 1.00 u 's nachts op pad. Doel is de Kawah Ijen vulkaan. Deze ligt in het oosten van het eiland Java, Indonesië. Het is een actieve vulkaan van 2799 meter hoogte, met in de krater een ontzettend zuur meer.

Samen met onze gids liepen we naar boven, de zaklampen aan. Ik was onderweg toch wel benieuwd wat de gids in zijn rugzak mee had. Het bleken gasmaskers voor ons te zijn. Na ruim 400 hoogtemeters bereikten we, na anderhalf uur klimmen, de kraterrand. Je zag in de buurt van de kraterrand in het schijnsel van je zaklamp dat er veel stof/gassen etc. in de lucht zaten.

Bij de kraterrand kregen we de gasmaskers van onze gids. Daarvoor rook je al wat rotte eieren en lucifer lucht*, maar vanaf dat punt werd het nog veel erger. Het gasmasker filterde goed. Als je hem even omhoog deed om te ruiken was de geur echt overweldigend vooral in de buurt van het blauwe vuur. Blij dat ik dat masker had!

In het donker daalden we via een steil pad af naar het kratermeer. Het was een leuk gezicht om in het donker voor en achter ons de 'lichtjes' van andere toeristen op weg naar beneden te zien.



Blauw vuur en gele zwavelblokken



We zagen vulkaangassen ontsnappen langs breuken en gaten in het gesteente. Naast de grote gele zwavelblokken die je ziet, is het andere bijzondere aan deze vulkaan het blauwe vuur. Het blauwe vuur zie je steeds vaker naarmate je dichter bij het kratermeer komt. Nergens anders is dit fenomeen te zien op de wereld, vertelde de gids. Dit blauwe vuur ontstaat wanneer bij de uit de zwavelpijpen stromende vloeibare zwavel de zwaveldampen in aanraking komen met lucht en vlam vatten.



Het blauwige kratermeer

Volgens onze gids is het kratermeer één van de zuurste meren ter wereld, met een pH-waarde die rond de 0 schommelt. Toen het iets lichter werd zagen we in de buurt van het kratermeer (en naderhand ook op de terugweg) meerdere zwaveldragers.

De zwaveldragers dragen gemiddeld tussen de 75 en 90 kilo aan zwavel de krater uit.

De meeste zwaveldragers maken deze trip tweemaal per dag. Ze krijgen zo'n 500-800 rupiah per kg zwavel. Dit komt overeen met ongeveer 6 euro per keer.

Ze zijn alles behalve beschermd tegen de vervelende dampen/gassen, hooguit een vochtige doek in de mond tijdens het werk. Alle toeristen kijken met een gasmasker toe hoe ze daar werken.

Ook zagen we plekken met zwavelbuizen. De zwavelmijnwerkers hebben buizen geïnstalleerd die vulkanische gassen uit de solfataren (zwavelrijke gasbronnen: openingen in de aardkorst waar warme tot zeer hete gassen en dampen uit ontsnappen) opvangen en naar één werkplek leiden. De gids vertelde dat die het winnen van de zwavel vergemakkelijken en het zorgt ook voor een veiligere werkplek voor de zwavelmijnwerkers.



Zwavelbuizen: Een zwavelmijnwerker die zwavel afbreekt om uit de krater te verwijderen.

De buizen/leidingen leiden het gas de berg af en zorgen dat de zwavel vloeibare wordt, die vervolgens stolt. Deze vaste zwavel is wat de mijnwerkers in brokken breken en in de draagmanden doen. De hoeveelheid gewonnen zwavel bedraagt ruim 14 ton per dag.



De Kawa Ijen vulkaan is een zeer indrukwekkende bezienswaardigheid. Tegelijkertijd is het echter ook een extreem ongezonde (werk)plek. Alles bij elkaar heeft de Kawah Ijen op mij veel indruk gemaakt. Intussen is het half zeven 's morgens en ik ga nog een paar uur slapen voor ik naar de volgende bezienswaardigheid ga.

Saskia

*Geur die je ruikt als je een lucifer aansteekt.

De Nederlandse Saskia bezocht de Kawah Ijen vulkaan op Java (Indonesië). In haar reisverslag beschrijft ze wat de vulkaan zoal aan bijzonderheden heeft. Er komt bij deze vulkaan flink wat chemie om de hoek kijken.

Zwavel

Bij de Kawah Ijen vulkaan wordt zwavel gewonnen.

- 1 Noem de stofeigenschappen (bij de buitentemperatuur van de vulkaan) die in het reisverslag vermeld zijn.

Zwavel heeft een smeltpunt van 388 K en een kookpunt van 718 K. Lava in de vulkaan waaruit zwavel vrijkomt, heeft een temperatuur van 600 tot 1200 °C.

- 2 Leg aan de hand van deze gegevens uit wat de fase van zwavel is die uit de vulkaan ontsnapt.
- 3 Noteer een zin uit het reisverslag dat deze fase van zwavel ondersteunt.

Uit de zwavelbuizen stroomt vloeibare zwavel die vervolgens vast wordt.

- 4 Met welke faseovergang heb je hier te maken?

De gids vertelde dat er twee voordelen zijn aan het gebruik van de zwavelbuizen.

- 5 Welk derde voordeel heeft het gebruik van de zwavelbuizen ook nog?

Het blauwe vuur

In het reisverslag staat: 'Dit blauwe vuur ontstaat wanneer bij de uit de zwavelpijpen stromende vloeibare zwavel de zwaveldampen in aanraking komen met lucht en vlam vatten.' Zwavel verbrandt met een blauwe vlam.

- 6 Noteer de reactievergelijking die hierbij optreedt.

Als het blauwe vuur optreedt, wordt dus voldaan aan de branddriehoek. Zwavel is de brandstof en er is voldoende zuurstof.

- 7 Aan welke voorwaarde moet dus ook voldaan zijn, zodat er blauw vuur te zien kan zijn.

Vulkaangassen

De vulkaangassen van de Kawah Ijen vulkaan bestaan in hoofdzaak uit waterdamp, koolstofdioxide en zwaveldioxide. In veel geringere concentraties zijn waterstof, waterstofsulfide (H_2S), zwavel, koolstofmonoxide, waterstofchloride en waterstoffluoride aanwezig

In het reisverslag staat: "Daarvoor rook je al wat rotte eieren en lucifer lucht".

- 8 Leg uit dat waterdamp, koolstofdioxide, koolstofmonoxide en waterstof deze geuren niet veroorzaken.
- 9 Noteer als volgt welk gas bij welke geur hoort:
Rotte eieren:
Lucifer lucht:

Saskia concludeert in haar verslag: "het gasmasker filterde goed". In een gasmasker treedt een andere scheidingsmethode op dan filtreren.

- 10 Van welke scheidingsmethode maakt een gasmasker gebruik?

Reacties

In de vulkaan spelen zich allerlei reacties af rond de zwavelhoudende gassen.

Waterstofsulfidegas (H_2S) kan onder andere gevormd worden doordat zwaveldioxidegas reageert met waterdamp. Hierbij ontstaat ook zuurstof.

- 11 Geef de vergelijking van deze reactie.

Waterstofsulfide kan ook gevormd worden door dat zwaveldioxide reageert met waterstof. Hierbij ontstaat ook water.

- 12 Geef de vergelijking van deze reactie.

Zwaveldioxide en waterstofsulfide reageren in de vulkaan ook met elkaar. Hierbij ontstaan zwavel en water.

- 13 Geef de vergelijking van deze reactie.

Kratermeer

Het water in het kratermeer heeft een pH van ongeveer 0. Bij het meer staan geen waarschuwborden.

- 14 Teken het pictogram dat op een fles gevuld met dit kraterwater zou moeten staan.

Het kratermeer wordt door de gids beschreven als één van de zuurste meren ter wereld. In de inleiding van het reisverhaal staat "ontzettend zuur meer".

- 15 Leg uit waarom deze uitspraken overeenkomen met de pH waarde van het kraterwater van 0.

Zwavelmijnwerkers

- 16 Wat vind je opvallend in het reisverhaal over de zwavelmijnwerkers?

Stel dat een zwaveldrager gemiddeld 80 kg per keer van de vulkaan weg brengt en dat hij de tocht 2 maal per dag maakt.

- 17 Bereken hoeveel dragers er nodig zijn om de productie van één dag weg te brengen.

Kawah Ijen Vulkaan, reisverslag

- 1 Zwavel is bij die temperaturen een vaste stof, heeft een gele kleur en is brandbaar.
- 2 Smeltpunt: $388\text{K} \equiv 115\text{ }^{\circ}\text{C}$ en kookpunt: $718\text{ K} \equiv 445\text{ }^{\circ}\text{C}$. De temperatuur van het lava is tussen $600\text{-}1200\text{ }^{\circ}\text{C}$, dus boven het kookpunt. Zwavel komt als gas vrij.
- 3 De leidingen leiden het gas de berg af.
- 4 Stollen.
- 5 Tijdens het transport door de buizen koelen de gassen steeds verder af, zodat ze vloeibaar zijn bij het verlaten van de zwavelbuizen.
- 6 $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$
- 7 De temperatuur moet hoog genoeg zijn: de ontbrandingstemperatuur moet zijn bereikt.
- 8 De vier genoemde stoffen zijn reukloze gassen.
- 9 Rotten eieren: waterstofsulfide; Lucifer lucht: zwaveldioxide.
- 10 Adsorptie.
- 11 $2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2$
- 12 $\text{SO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 13 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 14



- 15 De pH van gewoon water is ongeveer 7. Naarmate een oplossing zuurder is daalt de pH.
- 16 Ze dragen geen gasmaskers.
- 17 $14\text{ ton} = 14000\text{ kg} \equiv 14000/80 = 175\text{ wandelingen}$ door $175/2 = 88\text{ zwaveldragers}$

Opmerking: de 14 ton per dag die door de zwavelmijnwerkers wordt weg gebracht is 20 % van de dagelijkse hoeveelheid vaste zwavel die ontstaat

Extra foto's







TEIJIN ARAMID EN BIOBTX WERKEN AAN BIOBASED SUPERVEZEL

Klas	6 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische chemie; Polymeren
Trefwoorden	Twaron, polyamide, aramide, BioBTX, groene grondstoffen, vezel, H-bruggen, micro-meso-macro
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie Magazine, december 2018

TEIJIN ARAMID EN BIOBTX WERKEN AAN BIOBASED SUPERVEZEL

Teijin Aramid gaat onderzoeken of het mogelijk is om van de supersterke Twaron-vezel een 'biobased' versie te produceren. Het Japanse bedrijf werkt daarvoor samen met het Groningse bedrijf BioBTX.

Teijin Aramid, met vestigingen in Emmen en Delfzijl, produceert in Nederland onder de merknaam Twaron supersterke vezels. Deze worden toegepast in producten die sterker, lichter en duurzamer moeten zijn, zoals autobanden, luchtvrachtcontainers en beschermende kleding. Twaron wordt momenteel gemaakt uit fossiele grondstoffen, waar nu nog geen duurzaam alternatief voor is. "Duurzaamheid is een belangrijk onderwerp voor ons", zegt sitemanager Edward Groen. "We richten ons op verduurzaming van de keten door de toepassing van onze producten met een lichter gewicht en een langere levensduur, maar we willen ook de CO₂-uitstoot van onze productie terugdringen, door verlaging en verduurzaming van energiestromen. Daarnaast verkennen we de mogelijkheden om onze grondstoffen te vergroenen. Fantastisch om samen met een partner uit Groningen deze verkenning uit te voeren."

BioBTX heeft een technologie ontwikkeld die hernieuwbare grondstoffen, zoals biomassa en restproducten, kan omzetten naar de chemische grondstoffen benzeen, toluen en xyleen (BTX). Met de technologie



is het mogelijk deze zogeheten aromaten op een duurzame manier te produceren en zo een aanzienlijke verlaging van CO₂-uitstoot te bereiken.

Onlangs opende BioBTX een proeffabriek voor de productie van aromaten op de Zernike Campus in Groningen. Op basis van deze aromaten maakt het Groninger chemiebedrijf Syncom specifieke bouwstenen.

In het Research Centrum van Teijin Aramid in Arnhem worden vervolgens het polymeer en het garen gemaakt op basis van de processen in Delfzijl en Emmen.

"We hebben al eerder laten zien dat het technisch mogelijk is bio-gebaseerde BTX en polyester te maken", zegt directeur Pieter Imhof van BioBTX. "Via dit traject met Teijin Aramid willen we nu ook aantonen dat het prima als grondstof kan dienen voor hoogwaardige toepassingen waaraan strenge kwaliteitseisen worden gesteld."

Het onderzoeksproject wordt financieel ondersteund door de provincies Drenthe en Groningen en door Chemport Europe, het Noord-Nederlandse chemiecluster.

De bedrijven Teijin Aramid en BioBTX gaan samen onderzoeken of stoffen voor de productie van Twaron uit groene grondstoffen kunnen worden gemaakt. BTX in BioBTX staat voor de grondstoffen benzeen, toluen en xyleen.

- 1 Wat wordt bedoeld als er gesproken wordt over 'groene grondstoffen'?
- 2 Waarom zal Teijin Aramid deze vergroening van grondstoffen gaan onderzoeken?
- 3 Geef de structuurformules van benzeen en toluen. Raadpleeg Binas tabel 66A.

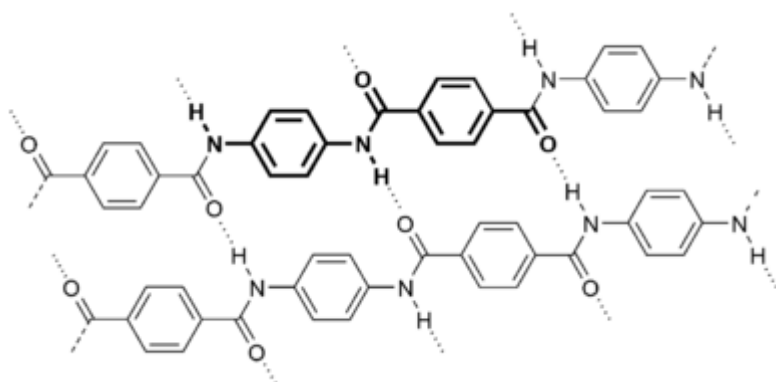
Xyleen kent meerdere structuren.

- 4 Geef de mogelijke structuurformules van de xylenen. Raadpleeg Binas tabel 66A.

De Twaronvezel is gemaakt van aramide.

Aramide

Vezels gesponnen uit *para*-aramide hebben een bijzonder grote treksterkte, een laag gewicht en kleine rek en ze zijn bestand tegen relatief hoge temperaturen. De treksterkte van *para*-aramidevezels is ongeveer 5 tot 8 keer zo hoog als die van staal bij gelijk gewicht. De structuurformule van *para*-aramide is hieronder weergegeven. Ook de waterstofbruggen tussen de ketens onderling zijn getoond. Deze zijn medeverantwoordelijk voor de grote sterkte van de vezel.



Figuur 1 Para-aramide

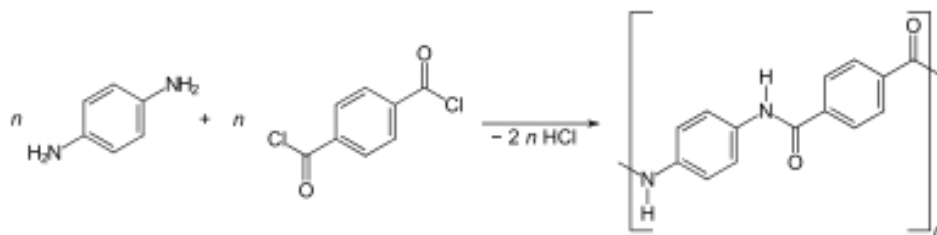
Bron: Wikipedia

- 5 Welke moleculen met de mogelijke structuurformules uit vraag 4 zullen gebruikt worden als grondstof voor de productie van *para*-aramide? Licht kort toe.

Er worden enkele eigenschappen van de *para*-aramide genoemd.

- 6 Leg uit wat bedoeld wordt als je spreekt van 'een laag gewicht'.
- 7 Leg uit of de structuurformule in figuur 1 de situatie beschrijft op micro-, meso- of macroniveau.
- 8 Welk ander type binding speelt naast de waterstofbruggen ook een rol bij de genoemde eigenschappen van para-amide? Licht je antwoord kort toe.

Productieproces



Figuur 2 Polymerisatiereactie van 1,4-fenyldiamine (*para*-fenyldiamine) en tereftaalzuurdichloride tot *para*-aramide.

Het proces om *para*-aramidevezels te produceren bestaat uit drie stappen:

1. Het synthetiseren van de aramidepolymeren in een geschikt oplosmiddel
2. Het overbrengen van deze polymeren in een voor *spinning* geschikt oplosmiddel (een *spin solvent*) zodat er garens van kunnen worden gesponnen
3. Het spinnen van de garens door extrusie van de oplossing

Voor de synthese gebruikt men 1,4-fenyldiamine (*para*-fenyldiamine) en tereftaalzuurdichloride. Vanwege de stijfheid van de gevormde polymeerketens is de keuze van het oplosmiddel waarin de reactie plaatsvindt cruciaal. De polymeren moeten in oplossing blijven en lang genoeg kunnen worden.

Wanneer het polymeer gesponnen wordt, dan resulteert dat in een *para*-aramide met een enorme trekkracht die hitte- en snijbestendig is.

Bron: Wikipedia

Voor de synthese van de *para*-aramide gebruikt men twee grondstoffen.

- 9 Welk van de isomeren van xyleen zal men kunnen gebruiken om deze twee grondstoffen te maken? Licht kort toe.

De naam 1,4-fenyldiamine is niet helemaal juist.

- 10 Geef de juiste systematische naam voor 1,4-fenyldiamine.

De keuze voor het oplosmiddel, waarin de reactie plaatsvindt, is cruciaal. De polymeren moeten in oplossing blijven en lang genoeg kunnen worden.

- 11 Leg uit dat beide eisen tegen elkaar inwerken.

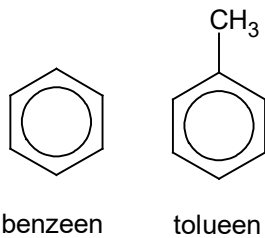
Het spinnen van de garens vindt plaats door extrusie.

- 12 Beschrijf het extrusieproces.

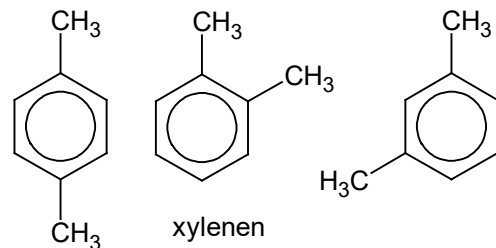
Teijin Aramid en BioBTX werken aan biobased supervazel

- 1 Grondstoffen die in de natuur op korte termijn weer gemaakt kunnen worden.
- 2 De grondstof die tot nu toe veelal gebruikt wordt is aardolie maar deze grondstof is eindig.

3



4



- 5 Dat zal de xylene 1,4-dimethylbenzeen zijn: binding aan het eerste en vierde C-atoom van de benzeenring.
- 6 Een laaggewicht: men zal bedoelen een materiaal met een lage dichtheid.
- 7 Het geeft het mesoniveau weer: niet de aparte moleculen (microniveau), niet de stoffeigenschappen (macroniveau) maar de onderling optredende bindingen tussen de moleculen (mesoniveau).
- 8 Het zijn heel grote moleculen dus zal de vanderwaalsbinding ook wel heel sterk zijn.
- 9 Dat zal 1,4-dimethylbenzeen zijn: binding van de groepen aan het eerste en vierde C-atoom van benzeen.
- 10 Benzeen-1,4-diamine.
- 11 Om in oplossing te blijven moeten de moleculen niet al te groot zijn, maar om supersterke vezels te krijgen moeten de moleculen juist heel lang worden.
- 12 Het polymeer wordt opgelost in een oplosmiddel en daarna door een kop met allemaal heel kleine openingen geperst waarna het oplosmiddel verdampst en de vezels ontstaan.

AARDGAS-REUZENVAARTUIG MOET ONS VOORZIEN VAN GROEN GAS

Klas	3,4 hv
Subdomein	Energie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Energiediagram,
Trefwoorden	Scheidingsmethoden, aardgas, groen, verschil CO ₂ , fossiele brandstoffen
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

wibnet.nl, 10 december 2018

Reuzenvaartuig moet ons voorzien van groen gas

Olie en steenkool zitten in het verdomhoekje, maar aardgas heeft nog een toekomst. Een vloot enorme varende raffinaderijen gaat gas winnen in velden die diep in de zeebodem liggen en voorheen niet bereikbaar waren.

Drie sleepboten in de Indische Oceaan verrichten zwaar werk. Al is elke boot ruim 75 meter lang, in vergelijking tot het gigantische rode vaartuig dat ze achter zich aan slepen, lijken het wel speelgoedbootjes.

De Shell Prelude, zoals de rode kolos heet, is niet alleen het grootste schip ooit, maar ook een van de eerste boten met een complete gasraffinaderij.

De Shell Prelude is de aanvoerder van een nieuwe vloot van varende platformen die gas uit onderzeese gasvelden ver uit de kust winnen.

Deze velden zijn belangrijk, want ze bevatten het grootste deel van al het aardgas op aarde. Schepen als de Prelude zijn dan ook cruciaal voor de overstap van de wereld op groenere energie.

Schip is bestand tegen orkanen

De Prelude heeft twee grote voordelen ten opzichte van een traditioneel boorplatform. Ten eerste drijft het en zit het niet vast aan de zeebodem. Daardoor is het schip zelfs opgewassen tegen de tropische orkanen van 300 km/u die huishouden in het zuidoosten van de Indische Oceaan.

Hier zal de Prelude gas winnen uit het zogeheten Browse Basin, dat 275 meter diep onder water ligt op meer dan 200 kilometer uit de noordwestkust van Australië. (....)

16 reuzenankers houden het schip vast

De Prelude zit vast aan 16 ankerkettingen. Elk anker is een 65 meter lange pijler die in de zeebodem gaat. Vanuit een permanente gasbron op de bodem van de zee wordt het gas naar de Prelude opgepompt. (.....)



Het tweede voordeel van de Prelude is dat het schip in zijn 488 meter lange romp een complete raffinaderij heeft. Daardoor kan het gas zuiveren, veredelen tot allerlei producten en koelen tot -162 °C.

Bij deze temperatuur gaat aardgas in een andere fase over: van gas naar vloeistof, net zoals waterdamp op een koud oppervlak tot water condenseert. In vloeibare toestand neemt aardgas 600 keer zo weinig plek in als in zijn gasvormige toestand.

Daardoor is het met een tankschip direct van het boorplatform naar consumenten overal op de aardbol te brengen. De techniek waarmee dat gebeurt is FLNG: floating liquefied natural gas.

Schadelijke stoffen uit het gas gehaald

De Prelude kan het gas koelen tot $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ en vloeibaar maken. Maar eerst moet de ruwe grondstof door een aantal chemische zuiveringsstations worden gehaald om onzuiverheden te verwijderen die de kwaliteit van het gas verminderen en kwetsbare apparatuur aan boord dreigen te vernielen.

Afgieten vloeistof

In een tank worden water en condensaat- dunne, lichte olie- gescheiden en afgetapt.

Toevoegen aminen

Voor afvoer van waterstofsulfiden en CO_2 worden ammoniakverbindingen (amines) toegevoegd.

Afvoer waterdamp

De laatste waterdamp wordt verwijderd door een stof die zich hecht aan watermoleculen en zinkt.

Zeewater koelt gas

Het gas wordt tot $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ gekoeld, waar 50 miljoen liter koud zeewater per uur voor wordt gebruikt.

Met een compleet veredelings- en koelsysteem aan boord van de Prelude is het niet nodig om een lange pijpleiding te bouwen naar de dichtstbijzijnde grote havenstad, waardoor het gas onbetaalbaar zou worden.

Feitelijk is de FLNG-technologie de enige waarmee het mogelijk is het gas op te diepen uit de vele onderzeese gasvelden op aarde. Geologen schatten dat ongeveer 60 procent van de totale gasreserves ter wereld zich op plekken bevindt waar het alleen met FLNG rendabel kan worden gewonnen.

600.000 ton blijft drijven

De Prelude is niet alleen het allereerste FLNG-platform dat er is, maar ook veruit het grootste.

.....

Juist door zijn omvang kan de Prelude zijn enorme onkosten terugverdienen. Op volle capaciteit levert het schip jaarlijks 3,6 miljoen ton vloeibaar aardgas, genoeg om het gasverbruik van 2 miljoen huishoudens te dekken. De bijproducten van de zuivering van het gas zijn 0,4 miljoen ton propaangas en 1,3 miljoen ton condensaat, de dunne olie die onder meer wordt gebruikt bij de vervaardiging van kunststof.

Gas verbetert lucht en klimaat

De investering zal zichzelf pas na tientallen jaren terugbetalen, maar alles wijst erop dat aardgas in de toekomst alleen maar meer gewild zal zijn. En hoewel gas een fossiele brandstof is, verslaat het olie en steenkool op twee belangrijke gebieden.

Ten eerste stoot gas bij de verbranding minder CO_2 uit dan de andere brandstoffen.

Energieonderzoekers bepalen de impact van brandstof op het klimaat aan de hand van het aantal gram CO_2 dat wordt uitgestoten per geproduceerde kilowattuur (kWh). Steenkool is de grootste boosdoener met 350 à 400 gram. Stookolie ligt rond de 280 gram, en aardgas op 200 gram. Als de warmte in je radiator afkomstig is van aardgas is het klimaatteffect dus maar half zo groot als wanneer je steenkool zou stoken.

Ten tweede bevat aardgas veel minder onzuiverheden dan olie en vooral steenkool. Daarom komt er bij een energiecentrale op gas minder vervuiling vrij in de vorm van zwavelverbindingen en andere schadelijke deeltjes.

.....

De wereld vraagt om groen gas

Tot nu toe zijn er op aarde maar een paar FLNG-schepen, en wat de productie van vloeibaar aardgas betreft komt er niet een daarvan in de buurt van de Prelude – een groot probleem volgens het internationale energieagentschap IEA, dat berekend heeft dat de vraag naar gas, de zuiverste van de fossiele brandstoffen, de komende jaren hand over hand zal toenemen.

.....

Het IEA wijst er ook op dat aardgas deel uitmaakt van allerlei industriële processen – niet als brandstof, maar als grondstof. Zo wordt aardgas gebruikt om kunstmest te maken, wat hard nodig is: alleen daarmee kan de wereldwijde voedselproductie gelijke tred houden met de toenemende bevolking.

Daarom moedigt het IEA andere grote energiemaatschappijen aan om miljarden te investeren in eigen FLNG-schepen, zodat een vloot van varende gasraffinaderijen straks alle gasvelden kan afgaan om in de toekomst klimaatvriendelijk te leveren.

Onder de oceaanbodems bevinden zich diverse gasvelden. Het aardgas hieruit kan worden gewonnen en bewerkt met een nieuwe techniek: het inzetten van het varende platform Shell-Prelude.

Methaan

Het smeltpunt van methaan (hoofdbestanddeel van aardgas) is 91 K en het kookpunt 112 K.

- 1 Reken deze temperaturen om naar graden Celsius.
- 2 Leg uit wat de fase is van aardgas bij temperaturen lager dan $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ en een normale druk.

Men vervoert aardgas het liefst in vloeibare vorm.

- 3 Leg met het molecuulmodel uit waarom vloeibaar aardgas zoveel minder ruimte inneemt dan gasvormig aardgas.

Zowel methaan als koolstofdioxide zijn broeikasgassen.

- 4 Leg uit wat hiermee wordt bedoeld.

Het proces van het vloeibaar maken van aardgas bij het vaartuig Prelude noemt men FLNG, floating liquefied natural gas.

- 5 Verklaar deze naam.

In het artikel worden enkele verontreinigingen genoemd.

- 6 Zoek deze verontreinigingen op en noteer ze.
- 7 Leg uit welke van deze verontreinigingen met welke scheidingsmethode worden verwijderd.

Het propaan wordt als bijproduct gewonnen. Het kookpunt van propaan is 231 K.

- 8 Geef de formule van propaan en het kookpunt in graden Celsius.
- 9 Leg uit of propaan bij het FLNG hoort of dat het wordt afgescheiden.
- 10 Leg uit hoe je een mengsel van vloeibaar methaan en propaan kunt scheiden.

Er wordt jaarlijks 3,6 miljoen ton vloeibaar aardgas gewonnen met de Prelude.

11 Schrijf dit getal uit in gram.

Volgens het artikel is aardgas een groenere brandstof dan bijvoorbeeld benzine. Ze stellen dat er minder CO_2 wordt uitgestoten dan bij andere fossiele brandstoffen. Benzine bevat koolwaterstoffen als heptaan en octaan.

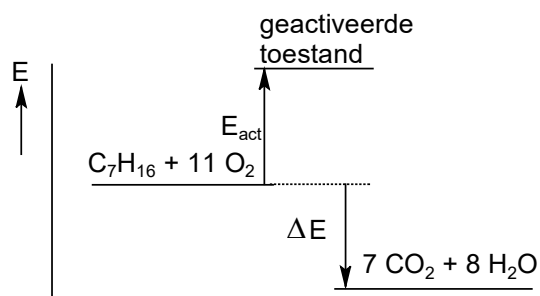
- 12 Schrijf de reactievergelijkingen op voor de volledige verbranding van aardgas, CH_4 , en heptaan, C_7H_{16} .
- 13 Geef het energiediagram voor de volledige verbranding van heptaan.
- 14 Leg uit of je uit de reactievergelijking kunt afleiden dat methaan per gram minder CO_2 uitstoot dan heptaan.

Maar er is gegeven dat het gaat om het aantal gram CO_2 dat wordt uitgestoten per kWh, die geproduceerd wordt. De stookwaarde van een brandstof is het aantal kWh aan energie dat geproduceerd kan worden door 1 kg brandstof. De stookwaarde van steenkool is $8,1 \text{ kWh kg}^{-1}$, van aardgas $0,7 \text{ kWh kg}^{-1}$ en van propaan $1,96 \text{ kWh kg}^{-1}$.

- 15 Leg met behulp van de stookwaarden uit waarom steenkool de meeste gram CO_2 per kWh uitstoot en methaan het minste van de koolwaterstoffen. Kijk hierbij ook naar de reactievergelijkingen.
- 16 Geef de twee redenen die worden genoemd in het artikel waarom aardgas een groene brandstof is.
- 17 Leg uit of je waterstof als brandstof groener, even groen of minder groen vindt.
- 18 Leg uit waarom er nog zeer lang vraag naar aardgas zal zijn.

Aardgas-reuzenvaartuig moet ons voorzien van groen gas

- 1 $91\text{ K} = 91 - 273 = -182\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $112\text{ K} = 112 - 273 = -161\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 2 Bij $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ gaat het aardgas van vloeibaar over in gasvorm. $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ is 1 graad lager dan $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$. Het is dus vloeibaar.
- 3 In een gas zitten de moleculen op grote afstand van elkaar. Ze bewegen met grote snelheid. In een vloeistof is de snelheid veel lager. De afstand tussen de moleculen is veel kleiner. Er zitten veel meer moleculen in een bepaald volume.
- 4 Een broeikasgas zorgt ervoor dat de warmte die de aarde uitstraalt niet ontsnapt naar de ruimte, maar wordt vastgehouden.
- 5 FLNG = floating liquefied natural gas. Het gaat om gas uit de natuur. Het wordt vloeibaar gemaakt. Het gebeurt op een drijvend schip!
- 6 Water, condensaat, waterstofsulfide en CO_2 .
- 7 Water en condensaat door bezinken en afschenken. Water ook door adsorptie. Waterstofsulfide en CO_2 door amines.
- 8 C_3H_8 . Kookpunt is $231 - 273 = -42\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 9 Bij $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ is propaan ook vloeibaar. Het wordt dus samen met het methaan vloeibaar.
- 10 Je kunt methaan en propaan scheiden door de temperatuur op te laten lopen. Methaan wordt dan gas en propaan blijft nog vloeibaar.
- 11 3.600.000.000.000 gram
- 12 $\text{CH}_4 + 2\text{ O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{ H}_2\text{O}$
 $\text{C}_7\text{H}_{16} + 11\text{ O}_2 \rightarrow 7\text{ CO}_2 + 8\text{ H}_2\text{O}$
- 13



- 14 Per molecuul methaan stoot je wel minder CO_2 uit dan per molecuul heptaan. Maar dat zegt niets over de hoeveelheid energie per gram, omdat een molecuul methaan een kleinere massa heeft dan een molecuul heptaan.
Berekening:
Molaire massa methaan, $\text{CH}_4 = 16,00\text{ g/mol}$. 1 mol methaan levert 1 mol CO_2 , dus 1 mol per 16,00 g methaan komt overeen met 0,0625 mol CO_2/gram methaan
Molaire massa heptaan, $\text{C}_7\text{H}_{16} = 100,0\text{ g/mol}$. 1 mol heptaan levert 7 mol CO_2 , dus 1 mol per 100,0 g heptaan komt overeen met 0,070 mol CO_2/gram heptaan
- 15 Bij de verbranding van steenkool wordt alleen CO_2 geproduceerd.
Uit de reactievergelijkingen zie je dat er bij de verbranding van aardgas ook water vrijkomt. Dit levert wel energie maar geen CO_2 .
Bij propaan wordt er ook zowel CO_2 als H_2O geproduceerd. Maar per CO_2 $8/7$ x zoveel H_2O . Terwijl dat bij aardgas 2 x zoveel H_2O is.
- 16 Bij de verbranding van aardgas ontstaat minder CO_2 per kWh dan bij alle andere fossiele brandstoffen. En bij aardgas is minder verontreiniging door andere aanwezige stoffen. De lucht blijft schoner.
- 17 Waterstof is veel groener. Dan wordt er helemaal geen CO_2 geproduceerd, alleen water.

- 18 Ten eerste duurt het nog een hele tijd voordat we op een andere manier voldoende energie kunnen produceren. Ten tweede hebben we methaan nodig als grondstof om andere stoffen uit te maken.

Artikel: <https://wibnet.nl/techniek/energie/reuzenvaartuig-moet-ons-voorzien-van-groen-gas> ,

De bouw en verankering:

https://www.youtube.com/watch?time_continue=166&v=FDlIdnIRVU4

https://www.youtube.com/watch?time_continue=5&v=b7LH-A2rkOY

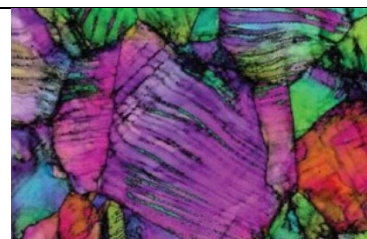
HOOGENTROPISCHE KATALYSE

Klas	6 v
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Lewisstructuren
Trefwoorden	Katalyse, entropie, legering, nano. Kristal, mechanisme, Lewisstructuren
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, december 2018

Hoogentropische katalyse

Uit vijf overgangsmetalen kun je een legering maken die elektrochemische processen minstens zo goed katalyseert als het gebruikelijke platina. Dat claimen Wolfgang Schuhmann en collega's van de Ruhr-Universität Bochum in *Advanced Energy Materials*.



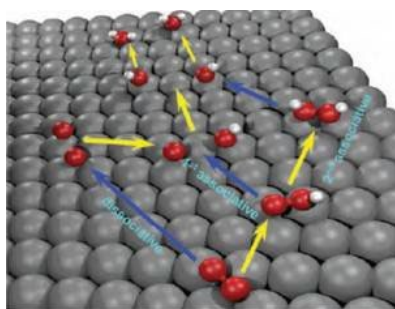
Figuur 1 Cr-Mn-Fe-Co-Ni

De vijf elementen zijn chroom, mangaan, ijzer, kobalt en nikkel. In zuivere vorm zijn die goed voor vier verschillende kristalstructuren maar jaren geleden werd al aangetoond dat ze samen in één rooster kunnen gaan zitten, bij elkaar gehouden door een entropiewinst die ruimschoots opweegt tegen de neiging tot ontmengen. Er zijn meer combinaties van elementen waarmee dat blijkt te kunnen, maar Cr-Mn-Fe-Co-Ni heeft het grote voordeel dat er geen enkel element tussen zit dat echt heel erg duur is.

In Bochum maken ze er nanokristalletjes van door combinaties van de vijf metalen te verdampen in een plasma, dat ze in druppelvorm laten uitkristalliseren in een ionische vloeistof. Die kristalletjes immobiliseren ze vervolgens op een elektrode.

Op het oppervlak van zo'n 'hoogentropisch' kristal vind je dus ook vijf verschillende atomen door elkaar, en het ligt voor de hand dat sommige combinaties katalytische activiteit vertonen die men eerder nooit heeft kunnen meten. Dat is puur een kwestie van uitproberen.

Als modelreactie gebruikten ze in Bochum de zuurstofreductiereactie, het technisch lastigste onderdeel van de verbranding van waterstof in een brandstofcel. Normaal katalyseert men die met platina-nanodeeltjes, maar na een tijdje spelen met de verhoudingen bleken de mengkristalletjes het minstens even goed te doen.



Figuur 2: Proposed oxygen reduction reaction mechanisms.

(Bron: <https://www.mpie.de/2973216/Oxygen-Reduction-Reaction-Mechanism>)

Wat er dan precies op het oppervlak van zo'n kristalletje gebeurt, is nog volkomen onduidelijk. Bij platina weet men het trouwens ook nog niet precies. Maar het werkt.

Schuhmann denkt dat het principe veel breder toepasbaar is, en dat je heel veel reacties hoogentropisch kunt katalyseren als je maar genoeg combinaties en mengverhoudingen uitprobeert.

bron: Ruhr-Universität Bochum

In Bochum (Duitsland) onderzoekt men hoe enkele overgangsmetalen samen als katalysator kunnen werken.

Met de vijf genoemde overgangsmetalen kun je een legering vormen.

- 1 Wat versta je onder een legering?
- 2 Welk voordeel heeft de genoemde legering ten opzichte van platina?

De atomen van de vijf metalen zitten samen in één rooster, waarbij de entropiewinst opweegt tegen een mogelijke spontane ontmenging. Entropie is een maat voor de wanorde van een systeem. Hoe wanordelijker, hoe hoger de entropie.

- 3 Leg uit wanneer de beschreven legering de hoogste entropie zal hebben.
- 4 Leg uit dat bij de vorming van een kristal meestal de entropie zal afnemen.

In Bochum hebben de onderzoekers nanokristalletjes gemaakt die ze immobiliseren op een elektrode.

- 5 Wat geeft nano in nanokristalletjes aan?
- 6 Wat bedoelt men met immobiliseren?
- 7 Leg uit dat ze via trial-and-error tot een goed werkende katalysator zijn gekomen.

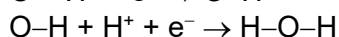
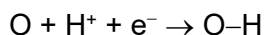
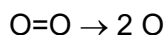
Als modelreactie gebruikten ze in Bochum de zogenaamde zuurstofreductiereactie, het technisch lastigste onderdeel van de verbranding van waterstof in een brandstofcel.

- 8 Geef de halfreacties in zuur milieu die bij stroomlevering in de brandstofcel plaatsvinden.

Het mechanisme van de zuurstofreductiereactie is nog onduidelijk. Twee mogelijke mechanismen staan in figuur 2 in het artikel weergegeven.

Het eerste mogelijke mechanisme verloopt via het breken van de O=O binding waarbij twee losse O-atomen ontstaan. Hierna nemen de losse O-atomen een H-atoom op. Het H-atoom is gevormd doordat een H⁺-ion een elektron heeft opgenomen.

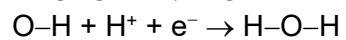
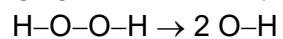
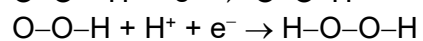
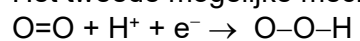
Het eerste mogelijke mechanisme in structuurformules:



- 9 Geef dit mechanisme in Lewisstructuurformules weer.

Het tweede mogelijke mechanisme, dat verloopt via de vorming van waterstofperoxide, kent de volgende stappen. In de eerste stap wordt de O=O-binding deels verbroken doordat een binding met een H-atoom ontstaat. Dit O–O–H-deeltje bindt nog een H-atoom en vormt een molecuul waterstofperoxide, H–O–O–H. De O–O-binding verbreekt daarna waarbij O–H-deeltjes ontstaan die door opname van een H-atoom omgezet worden in watermoleculen.

Het tweede mogelijke mechanisme in structuurformules:



10 Geef ook dit mechanisme in Lewisstructuurformules weer.

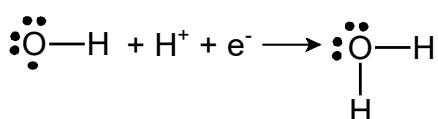
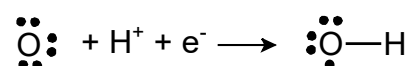
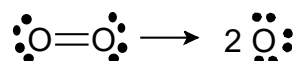
Beide mechanismen geven na optellen van de deeltappen dezelfde halfreactie.

11 Laat dit zien aan de hand van de gegeven deeltappen.

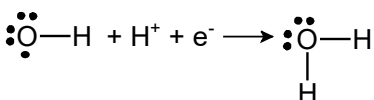
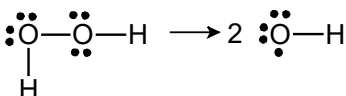
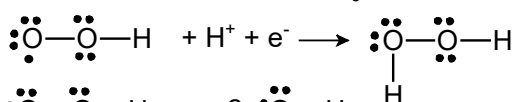
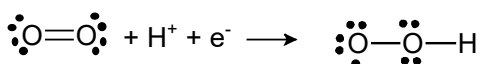
Hoogentropische katalyse

- 1 Een legering is een mengsel van metalen.
- 2 De metalen van de legering zijn stuk voor stuk veel goedkoper dan platina.
- 3 Als de atomen van de legering volkomen willekeurig over het rooster verspreid zijn.
- 4 Bij kristalvorming krijg je een ordening van de atomen, dus het tegenovergestelde van wanorde.
- 5 Nano geeft een orde van grootte weer: 10^{-9} m.
- 6 Immobiliseren betekent dat ze op een vaste plaats terecht komen.
- 7 Er staat in het artikel: Dat is puur een kwestie van uitproberen.
- 8 $\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$ en $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.

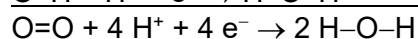
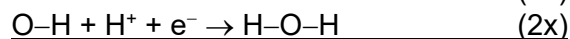
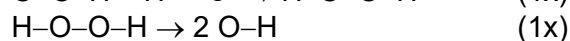
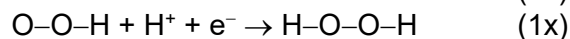
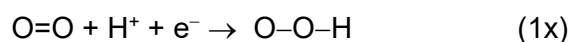
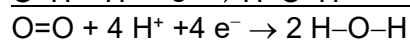
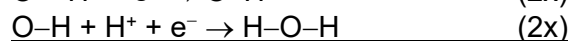
9



10



11



Docententoelichting:

Energetisch kun je deelt stappen apart beschrijven als exotherm of endotherm door te bepalen welke bindingen verbroken cq gevormd worden. Maak daarbij gebruik van Binas tabel 58 en van het gegeven dat de omzetting $\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{H}$ een energie-effect heeft van $-3,0 \cdot 10^5 \text{ J}$.

$\text{O}=\text{O} \rightarrow 2 \text{ O}$	$+4,98 \cdot 10^5 \text{ J}$	endotherm
$2 \text{ O} + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e}^- \rightarrow 2 \text{ O}-\text{H}$	$2 \times -4,635 \cdot 10^5 + 2 \times -3,0 \cdot 10^5 \text{ J}$	exotherm
$2 \text{ O}-\text{H} + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e}^- \rightarrow 2 \text{ H}-\text{O}-\text{H}$	$2 \times -4,635 \cdot 10^5 + 2 \times -3,0 \cdot 10^5 \text{ J}$	exotherm
$\text{O}=\text{O} + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^- \rightarrow 2 \text{ H}-\text{O}-\text{H}$	$-25,56 \cdot 10^5 \text{ J}$	

$\text{O}=\text{O} \quad \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{O}-\text{O}-\text{H}$	$+4,98 \cdot 10^5 - 2,13 \cdot 10^5 - 4,635 \cdot 10^5 - 3,0 \cdot 10^5 \text{ J}$	exotherm
$\text{O}-\text{O}-\text{H} + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$	$-4,635 \cdot 10^5 - 3,0 \cdot 10^5 \text{ J}$	exotherm
$\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H} \rightarrow 2 \text{ O}-\text{H}$	$+2,13 \cdot 10^5 \text{ J}$	endotherm
$2 \text{ O}-\text{H} + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e}^- \rightarrow 2 \text{ H}-\text{O}-\text{H}$	$2 \times -4,635 \cdot 10^5 + 2 \times -3,0 \cdot 10^5 \text{ J}$	exotherm
$\text{O}=\text{O} + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^- \rightarrow 2 \text{ H}-\text{O}-\text{H}$	$-25,56 \cdot 10^5 \text{ J}$	

Bij de berekening zijn alle waarden op (g) genomen maar dat is niet juist. Je moet uitgaan van de toestand waarin ze voorkomen, dus van $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ en $\text{H}^+(\text{aq})$. Dat wordt echter te lastig om dat aan leerlingen te vragen. Als je het correct uitvoert, kom je op de volgende berekening uit:

De vormingsenergie van $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ is het energie-effect van de vorming van water uit de elementen H_2 en O_2 . Maar bij de halfreactie heb je geen H_2 maar H^+ en voor de omzetting $\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ H}^+(\text{aq}) + 2 \text{ e}^-$ is het energie-effect endotherm:

$\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ H}(\text{g})$	$+4,36 \cdot 10^5 \text{ J}$	(Binas tabel 58)
$2 \text{ H}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ H}^+(\text{g}) + 2 \text{ e}^-$	$2 \times +13,1 \cdot 10^5 \text{ J}$	(Binas tabel 62A)
$2 \text{ H}^+(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ H}^+(\text{aq})$	$2 \times -10,8 \cdot 10^5 \text{ J}$	(Binas tabel 61)
$\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ H}^+(\text{aq}) + 2 \text{ e}^-$	$+8,96 \cdot 10^5 \text{ J}$	

En voor de omzetting $\text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{ H}^+(\text{aq}) + 4 \text{ e}^- \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l})$ geldt:

$\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ O}(\text{g})$	$+4,98 \cdot 10^5 \text{ J}$	(Binas tabel 58)
$4 \text{ H}^+(\text{aq}) \rightarrow 4 \text{ H}^+(\text{g})$	$4 \times +10,8 \cdot 10^5 \text{ J}$	(Binas tabel 61)
$4 \text{ H}^+(\text{g}) + 4 \text{ e}^- \rightarrow 4 \text{ H}(\text{g})$	$4 \times -13,1 \cdot 10^5 \text{ J}$	(Binas tabel 62A)
$4 \text{ H}(\text{g}) + 2 \text{ O}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{g})$	$4 \times -4,635 \cdot 10^5 \text{ J}$	(Binas tabel 61)
$2 \text{ H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l})$	$2 \times -0,44 \cdot 10^5 \text{ J}$	(Binas tabel 59B)
$\text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{ H}^+(\text{aq}) + 4 \text{ e}^- \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l})$	$-23,64 \cdot 10^5 \text{ J}$	

Totaal voor beide halfreacties: $2 \times +8,96 \cdot 10^5 - 23,64 \cdot 10^5 = -5,72 \cdot 10^5 \text{ J}$ voor 2 mol H_2O , dus $-2,86 \cdot 10^5 \text{ J}$. En deze waarde komt overeen met de waarde in Binas tabel 57A.

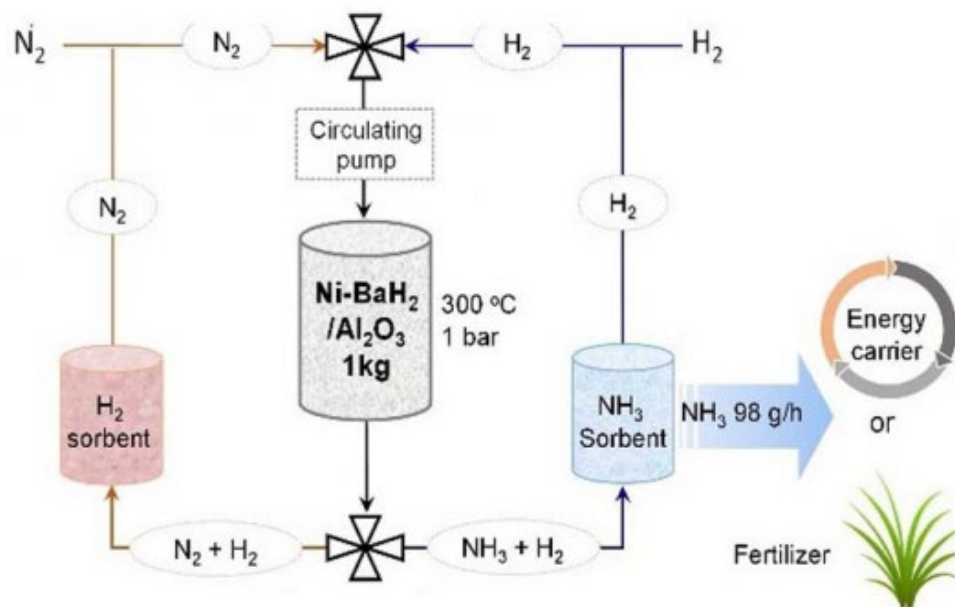
HYDRIDE BINDT STIKSTOF

Klas	4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Energiebehoud-energiebalans
Trefwoorden	Waterstof, stikstof, ammoniak, Haber-Boschproces, hydride, katalysator
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, december 2018

Hydride bindt stikstof

Met metaalhydrides kun je stikstof veel energie-efficiënter binden dan met het klassieke Haber-Boschproces. Je kunt zo zelfs gaan denken aan de grootschalige inzet van ammoniak als energiedrager, claimen Chinese onderzoekers in Nature Energy.



Ping Chen, Jianping Guo en collega's gebruiken er alkali- of aardalkalimetalen voor, uit de twee linkerkolommen van het periodiek systeem. Bariumhydride (BaH₂) lijkt thermodynamisch gezien de beste keus. Met N₂ uit de lucht reageert dit tot BaNH (een metaalimide dus) en H₂. Stop je vervolgens de stikstoftoevoer en voeg je in plaats daarvan extra waterstof toe, dan krijg je je metaalhydride terug. Maar in plaats van N₂ ontstaat NH₃. Naar de exacte werking op moleculaire schaal wordt nog onderzoek gedaan.

Nikkel katalyseert beide stappen, die dan blijken te kunnen verlopen bij atmosferische druk en 265 °C. De auteurs denken dat deze temperatuur nog een stuk omlaag kan, misschien wel tot 100 °C. Ter vergelijking: voor het Haber-Boschproces moet je aan 100 tot 200 bar en 350 tot 450 °C denken.

Voorgesteld wordt beide processen elkaar te laten afwisselen in dezelfde kolom, waarbij je zowel Ni als Ba immobiliseert op aluminiumoxidedeeltjes.

De waterstof genereer je uit elektrolyse van water, met behulp van groene stroom. In feite neemt de geproduceerde ammoniak dan de functie van waterstof als energiedrager over. Het lijkt een omweg maar het transport wordt zo veel makkelijker - anders dan waterstof is ammoniak zonder veel moeite vloeibaar te maken. Wanneer de ammoniakproductie moet verlopen via Haber-Bosch is het twijfelachtig of het overall-energie rendement er echt beter op wordt, maar met het nieuwe Chinese proces kan het wellicht wél uit.

En je kunt van die ammoniak natuurlijk ook gewoon kunstmest blijven maken.

Bron: Chinese Academy of Sciences

Een metaalhydride is een verbinding tussen een metaal en waterstof. Sommige metaalhydrides leggen stikstof veel energie-efficiënter vast dan het klassieke Haber-Boschproces. In het Haber-Boschproces worden stikstof en waterstof in een evenwichtsreactie omgezet in ammoniak.

1 Geef de reactievergelijking van deze evenwichtsreactie.

Het Haber-Boschproces is verre van aantrekkelijk.

2 Licht toe wat hiermee bedoeld wordt.

Bij het vastleggen van waterstof in de vorm van een metaalhydride lijkt barium in de vorm van bariumhydride de beste keuze.

3 Geef de reactievergelijking van de vorming van bariumhydride.

Met stikstof uit de lucht reageert bariumhydride tot het metaalimide BaNH en waterstof.

4 Geef ook deze reactie in een vergelijking weer.

Stop je met toevoeren van stikstof en voeg je extra waterstof toe, dan ontstaat bariumhydride en ammoniak.

5 Geef deze reactie in een vergelijking weer.

6 Laat zien dat de som van de reacties van vraag 4 en 5 de reactie van het Haber-Boschproces weergeeft.

Nikkel katalyseert beide stappen waardoor de temperatuur niet hoger hoeft te zijn dan 265°C en de reacties bij atmosferische druk verlopen.

7 Leg uit hoe nikkel als katalysator ammoniak al laat ontstaan bij een veel lagere druk en temperatuur dan bij het Haber-Boschproces.

De reactie wordt uitgevoerd in een reactiekolom. Nikkel en barium worden in de reactiekolom geïmmobiliseerd op aluminiumoxide als dragermateriaal aangebracht.

8 Wat wordt bedoeld met immobiliseren?

9 Waarom gebruikt men niet zuiver nikkel en barium maar een dunne laag barium en nikkel op een laag aluminiumoxide?

Het benodigde waterstof wordt geproduceerd bij de elektrolyse van water met behulp van groene stroom.

10 Geef de reactievergelijking van deze elektrolyse.

11 Wat versta je onder groene stroom?

Waterstof en ammoniak zijn beide energiedragers.

12 Wat versta je onder een energiedrager?

13 Welk voordeel heeft ammoniak ten opzichte van waterstof als energiedrager?

Hydride bindt stikstof

- 1 $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$.
- 2 Je hebt een heel hoge druk nodig en tevens een vrij hoge temperatuur.
- 3 $\text{Ba} + \text{H}_2 \rightarrow \text{BaH}_2$.
- 4 $2 \text{BaH}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2 \text{BaNH} + \text{H}_2$.
- 5 $\text{BaNH} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{BaH}_2 + \text{NH}_3$.
- 6 Je moet dan 2x de reactie van vraag 5 optellen bij 1x de reactie van vraag 4:
 $2 \text{BaH}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2 \text{BaNH} + \text{H}_2$. (1x)
 $\text{BaNH} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{BaH}_2 + \text{NH}_3$. (2x)
 $2 \text{BaH}_2 + \text{N}_2 + 2 \text{BaNH} + 4 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{BaNH} + \text{H}_2 + 2 \text{BaH}_2 + 2 \text{NH}_3$.
Na wegstrepen houd je over: $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$.
- 7 Een katalysator zorgt ervoor dat er een makkelijkere weg is van beginstof tot reactieproduct zodat voor een voldoende snel verlopende reactie mildere reactieomstandigheden nodig zijn.
- 8 Immobiliseren betekent dat de deeltjes op een vaste plaats zitten dus niet kunnen bewegen.
- 9 Dat zal met een kostenaspect te maken hebben: aluminiumoxide zal goedkoper zijn dan nikkel en barium.
- 10 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$.
- 11 Stroom die duurzaam opgewekt is, bijvoorbeeld met wind- of zonne-energie.
- 12 Een energiedrager is een stof die energie opgeslagen heeft en op een ander moment die energie weer kan afstaan.
- 13 Ammoniak is veel makkelijker vloeibaar te maken en daardoor ook veel makkelijker op te slaan en te vervoeren.

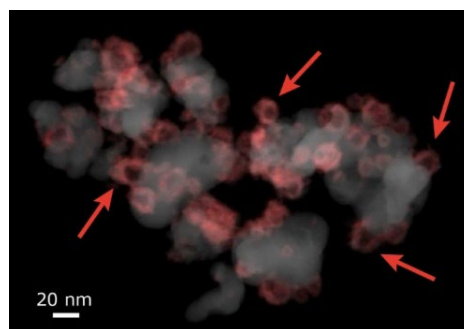
ROR LAAT KOBALTKAT VOOR TWEE TELLEN

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redoxreacties
Trefwoorden	Kobalt, katalysator, nano, Fischer-Tropschproces, ROR, suboxide
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, december 2018

ROR laat kobalkat voor twee tellen

Door tijdelijke oxidatie kun je de activiteit van Fischer-Tropschkatalysatoren op verrassende wijze verhogen. Dat stellen de Utrechtse hoogleraar Krijn de Jong en zijn promovendi Carlos Hernández Mejía en Tom van Deelen in *Nature Communications*.



‘Onze ROR-behandeling laat kobalkatalysatoren promoveren naar de eredivisie. De activiteit gaat naar een niveau dat je anders alleen krijgt als je er edelmetalen aan toevoegt’, stelt De Jong.

ROR staat voor reductie-oxidatie-reductie, en dat is ook precies wat er gebeurt. Je gaat uit van Co_3O_4 -deeltjes met een diameter van rond de 10 nm, geïmmobiliseerd op een metaaloxidedrager. Eerst reduceer je deze nanodeeltjes grondig, bij 350 °C onder een waterstofatmosfeer, zodat je alleen Co-metaal overhoudt. Dat oxideer je weer tot CoO door het bloot te stellen aan zuurstof, bij voorkeur rond 200 °C. En tot slot reduceer je het oxide weer tot blank metaal, maar dit keer bij slechts 220 °C.

Dat laatste is ook ongeveer de werktemperatuur van de Fischer-Tropschreactie, de bekendste incarnatie van *gas to liquids* en het belangrijkste werkterrein van de hier beschreven kobalkatalysatoren. Hierbij zet je een mengsel van waterstof en koolstofmonoxide om in langere koolwaterstofketens, die meestal worden verkocht als vloeibare brandstof. Zulke processen verlopen op zeer grote schaal en met optimalisatie van de katalysator is dan ook zeer veel te verdienen - en niet alleen omdat kobalt schaars begint te worden.

Sommige van de als drager gebruikte metaaloxides, zoals TiO_2 en Nb_2O_5 , zijn zelf ook reduceerbaar. En dat is van belang voor de Fischer-Tropschreactie. H_2 binden en uit elkaar trekken is daarbij de primaire taak van het kobalt, maar in de praktijk zal een deel van de waterstof het oppervlak van de drager reduceren tot een ‘sub-oxide’ dat vervolgens op dat kobalt neerslaat. In eerste instantie is dat goed nieuws: naast H_2 moet je ook CO dissociëren en dat lijkt het beste te verlopen op de randjes van zo’n suboxide-vlek. Maar worden de vlekken zo groot dat ze het hele kobaltoppervlak bedekken, dan heb je een probleem.

De Utrechtse onderzoekers Krijn de Jong en twee promovendi hebben ontdekt hoe ze een kobalkatalysator kunnen omzetten in een katalysator die de Fischer-Tropschreactie tot

tweemaal zo snel laat verlopen. Die hogere reactiesnelheid lukte tot nu toe alleen met edelmetalen.

- 1 Leg uit waarom deze omzetting belangrijk is.

De onderzoekers gebruikten hiervoor de ROR-methode. Men ging uit van Co_3O_4 -deeltjes op nanoschaal, geïmmobiliseerd op een drager.

- 2 Leg uit dat de kobaltionen niet allemaal dezelfde lading kunnen hebben in Co_3O_4 .
- 3 Zoek op welke kobaltionen er zijn en in welke verhouding ze voorkomen in Co_3O_4 .

Co_3O_4 wordt met behulp van de ROR-methode uiteindelijk omgezet in kobalt. Bij de eerste R ontstaat nog niet geheel zuiver kobalt (ruw Co), bij de tweede R wel zuiver kobalt.

- 4 Geef de reacties die in de drie stappen van Co_3O_4 tot Co plaatsvinden.
- 5 Maak van het totaalproces een blokschema.

Het Fischer-Tropschproces houdt in dat H_2 en CO reageren tot moleculen met lange koolwaterstofketens. Dit levert een vloeistof die als brandstof gebruikt kan worden.

- 6 Geef de reactie van de vorming van octaan uit waterstof en koolstofmono-oxide.

Er staat in het artikel dat waterstof het oppervlak van de drager kan reduceren tot een suboxide. Het dragermateriaal is TiO_2 of Nb_2O_5 dat bij de reactie met waterstof elektronen opneemt en zuurstofatomen afstaat.

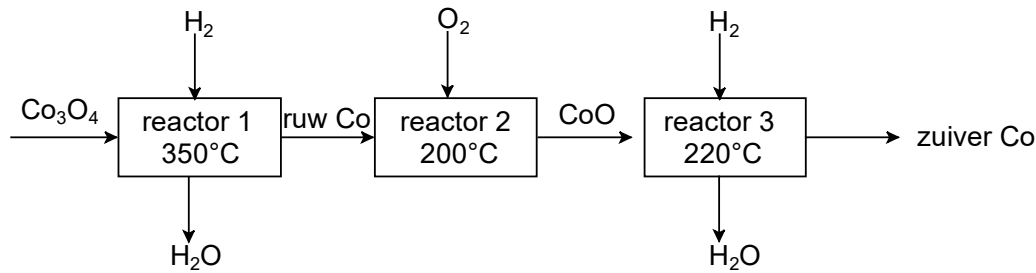
- 7 Geef een mogelijke reactie tussen TiO_2 en waterstof. Titaan, Ti, kan een lading $2+$ en een lading $4+$ als ion hebben.
- 8 Geef ook een mogelijke reactie tussen Nb_2O_5 en waterstof. Niobium, Nb, kan een lading $3+$ en een lading $5+$ als ion hebben.
- 9 Leg uit waarom een dragermateriaal als Al_2O_3 bij dit proces niet bruikbaar is.

De gereduceerde verbindingen van het dragermateriaal, de sub-oxiden, zijn belangrijk voor het dissociëren van CO.

- 10 Waarom moet CO dissociëren bij het Fischer-Tropschproces?
- 11 Geef de vergelijking tussen een suboxide en CO in een reactie weer.

ROR laat kobaltkat voor twee tellen

- 1 Kobalt is een veel goedkoper metaal dan bijvoorbeeld platina.
- 2 Co_3O_4 : bevat 4 O^{2-} -ionen, dus samen 8-. 3 positieve ionen met dezelfde lading kunnen nooit samen 8+ opleveren, $3 \times 2+ = 6+$ en $3 \times 3+ = 9+$.
- 3 Co^{3+} en Co^{2+} . Negatieve lading is totaal 8-, dus positieve lading is 8+, dus 2x Co^{3+} en 1x Co^{2+} .
- 4 Stap 1: $\text{Co}_3\text{O}_4 + 4 \text{H}_2 \rightarrow 3 \text{Co} + 4 \text{H}_2\text{O}$. Stap 2: $2 \text{Co} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CoO}$.
Stap 3: $\text{CoO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Co} + \text{H}_2\text{O}$.
- 5

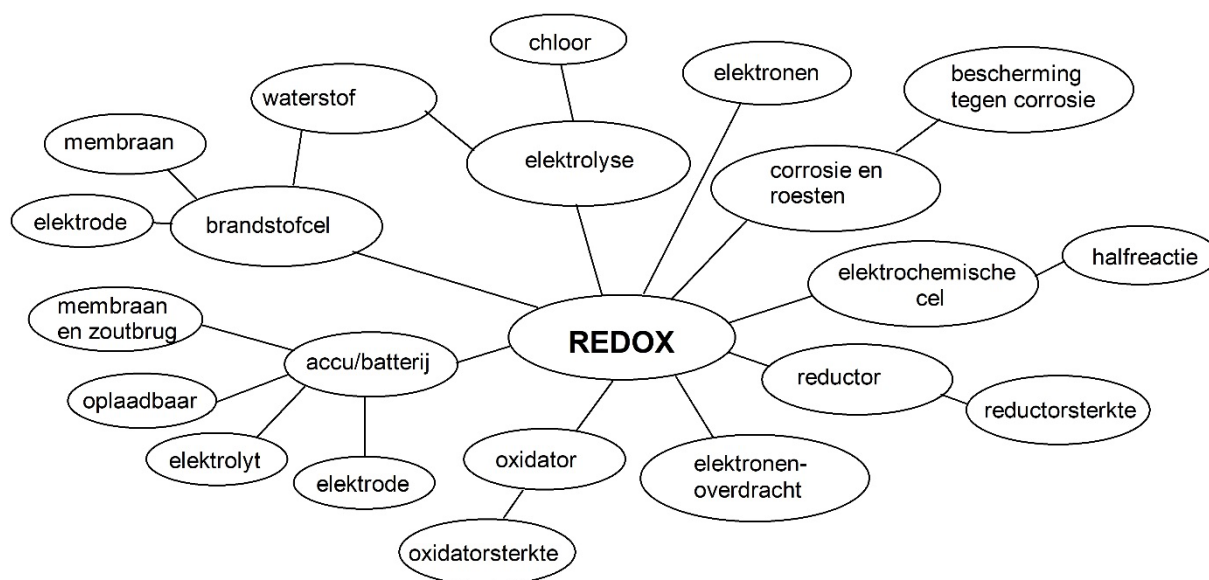


- 6 $8 \text{CO} + 17 \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_8\text{H}_{18} + 8 \text{H}_2\text{O}$.
- 7 $\text{TiO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{TiO} + \text{H}_2\text{O}$.
- 8 $\text{Nb}_2\text{O}_5 + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{Nb}_2\text{O}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 9 Aluminium als ion heeft maar één lading, er kan dus geen suboxide ontstaan.
- 10 Bij Fischer-Tropschproces ontstaan lange koolwaterstoffen, dus de O-atomen moeten verwijderd worden door afsplitsing van de O-atomen in CO.
- 11 $\text{TiO} + \text{CO} \rightarrow \text{TiO}_2 + \text{C}$. Of: $\text{Nb}_2\text{O}_3 + 2 \text{CO} \rightarrow \text{Nb}_2\text{O}_5 + 2 \text{C}$.

Thema redox

Inleiding

Redoxreacties kom je vaker tegen dan dat je er erg in hebt. Denk daarbij aan de oplaadbare batterij in je smartphone! Of het roesten van je fiets. Ook redox in het groot kun je tegen komen zoals het hoogovenproces. In figuur 1 is een mindmap weergegeven met de term redox als uitgangspunt.



Figuur 1 Mindmap redox

Opgaven redox in Chemie Aktueel

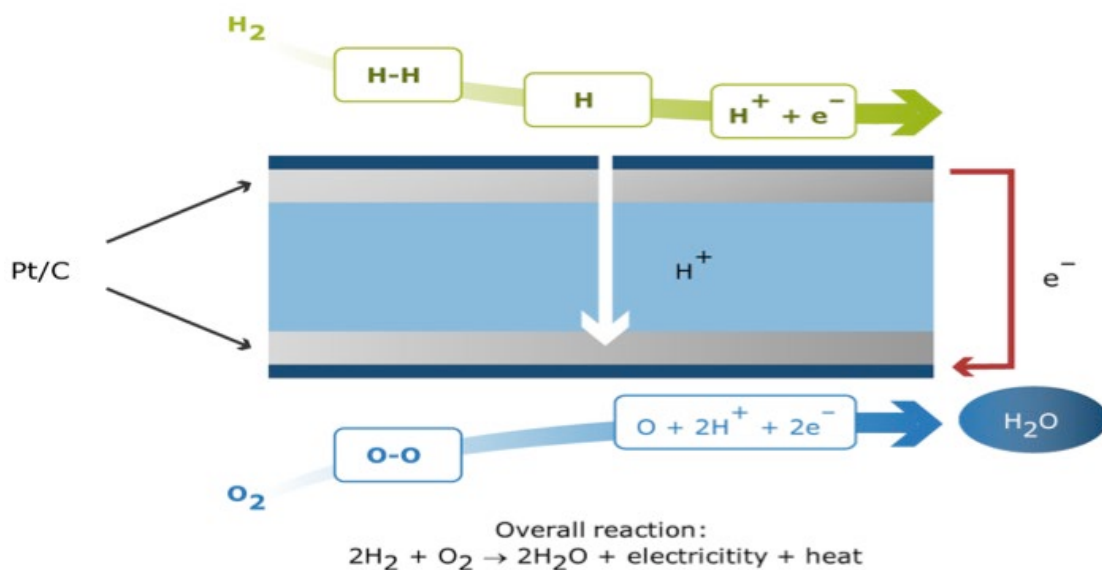
Redoxreacties beslaan een breed terrein in de schoolchemie. Elke verbrandingsreactie is in principe een redoxreactie, evenzo aantasting van metalen (corrosie/roesten). En denk ook maar eens aan de batterijen in smartphones of de batterijen in gehoorapparaten. Bij het samenstellen van dit themanummer zijn we bij de papieren versie de nummers 70 tot en met 75 gaan bekijken. En bij de digitale opgaven hebben we vanaf het begin de opgaven gescreend op de term redox. Je krijgt dan een lijst waarbij vele aspecten van de schoolchemie de revue passeren. U kunt daarbij onder meer denken aan: redox, elektrolyse, brandstofcellen, industriële chemie, hoogovenproces. Zeker als herhaling is het gebruik van een mindmap als visueel overzicht een sterk didactisch middel. Het daarbij maken van contextgerichte opgaven geeft dat de leerling nogmaals een breed scala aan chemische vakconcepten doorloopt. En u weet: herhaling is de kracht van onderwijs!

Brandstofcellen



Waterstof en brandstofcellen bieden vele mogelijkheden voor schone en stille energie die zowel stationair als in de mobiliteit ingezet kunnen worden.

De brandstofcel is een elektrochemisch apparaat dat de conversie van waterstof naar elektriciteit het meest efficiënt kan uitvoeren, vergeleken met alle vandaag bekende technologieën. De waterstof wordt in een brandstofcel niet verbrand maar elektrochemisch omgezet (zie plaatje). De brandstofcel is het beste te vergelijken met een batterij (ook een elektrochemisch apparaat) echter bij een batterij zit de energie opslag in de batterij en bij een brandstofcel zit de energie opgeslagen in de waterstof tank naast de brandstofcel. Het brandstofcel systeem, bijvoorbeeld een auto (FCEV) is daardoor sneller te tanken en heeft bovendien een veel grotere actieradius terwijl deze auto ook een elektrische aandrijving heeft als een Batterij elektrische auto (BEV).



De brandstofcel is het beste te vergelijken met een batterij (ook een elektrochemisch apparaat) echter bij een batterij zit de energie opslag in de batterij en bij een brandstofcel zit de energie opgeslagen in de waterstof tank naast de brandstofcel. Het brandstofcel systeem, bijvoorbeeld een auto (FCEV) is daardoor sneller te tanken en heeft bovendien een veel grotere actieradius terwijl deze auto ook een elektrische aandrijving heeft als een Batterij elektrische auto (BEV).

Bron: <https://www.nwba.nl/brandstofcellen/>

Contextgerichte opgaven met redox als hoofdthema of als deelthema

Nr CA	Titel opgave	Leerjaar	Steekwoorden uit mindmap
CA70	Chemie van 11 september	5v	Halfreactie;
CA70	Kunstmatig blad produceert waterstof	5,6v	Halfreactie; brandstofcel;
CA70	Stroomdraadjes printen op papier	5v	Halfreactie;
CA70	Clenbuterol gaat voor goud	5v	Halfreactie
CA71	Continu genoeg artemisinine	5,6v	Halfreactie;
CA71	Brandstofcel op hydrazine	5,6v	Brandstofcel; waterstof
CA71	Energie uit je afvalwater	5,6v	Halfreactie; brandstofcel
CA71	Oogsten die zon!	5hv	Halfreactie; elektrolyt; elektrode
CA71	Metaalcocktail helpt brandstofcel	5h 5,6v	Brandstofcel; halfreactie
CA72	Honda recyclet aardmetalen	5hv	Accu/batterij; oplaadbaar; elektrode
CA72	Broeikasgas als grondstof	5v	Halfreactie; brandstofcel
CA72	Kerosine uit zeewater	5v	Halfreactie; elektrolyse; elektrochemische cel
CA72	Benzine uit elektriciteit en lucht	5v	Halfreactie; elektrolyse
CA72	Schoon schip dankzij nanovanadiumoxide	6v	Halfreactie;
CA72	Schoon schip met nanovanadiumoxide	5v	Halfreactie;
CA73	Zuinig laden met natriumluchtaccu	5,6v	Accu; halfreactie; oplaadbaar
CA73	Stikstofetende straatstenen	5v	Halfreactie
CA73	Waterstofproductie met overschot wind	5hv	Elektrolyse; waterstof
CA73	Blauwe stroom uit IJsselmeer	5hv	Elektronen;
CA73	Brandstofcellen	5,6v	Brandstofcel; waterstof; halfreactie
CA74	Ontsnappingsroute voor acrylnitril	5v	Halfreactie;
CA74	Rood kleurt accu groen	5hv	Accu; elektrolyt; halfreactie; oplaadbaar
CA74	Buffer voor waterstof	5v	Elektrolyse; waterstof; halfreactie
CA74	Goudhaartje 2.0	5v	Halfreactie;
CA74	Archaea gingen als raket	5v	Halfreactie;
CA74	Accu's van hout	5,6v	Accu; halfreactie; oplaadbaar
CA74	Elektrolyse redt klimaat	5hv	Elektrolyse; halfreactie; waterstof
CA74	Organische batterijen laden	5v	Batterij; elektrode; halfreactie; oplaadbaar
CA75	Elektrische ontzouting	5v	Elektrolyse; halfreactie
CA75	Elektrische ontzouting	6v	Elektrolyse; elektrode; halfreactie
CA75	Water splitsen in een zonnecel	5v	Elektrolyse; halfreactie; waterstof
CA75	Spons zuivert water	5v	Halfreactie;
CA75	IBM test 'elektronisch bloed'	5,6v	Elektrochemische cel; elektrode; halfreactie
CA75	Kathode gaat aan de zuurstof	5v	Elektrolyse; elektrode; halfreactie; waterstof; chloor

Nr digi	Titel opgave	Leerjaar	Steekwoorden uit mindmap
1408-10	Contactlens Google meet bloedsuiker	5hv	Halfreactie; oxidator
1409-02	Efficiënte elektrolysetechniek voor waterstofproductie	5v	Elektrolyse; waterstof; halfreactie
1409-09	Power-to-gas-installatie	5hv	Brandstofcel; waterstof
1410-04	Waar komt de batterij vandaan?	5v	Batterij; elektronen; halfreactie
1411-02C	Oude accu wordt zonnecel	5hv	Accu; halfreactie; elektronen
1411-08	Enzym duikt in furanen	5,6v	Halfreactie;
1411-09	Te simpel	5,6v	Halfreactie;
1501-02	Cholesterol voedt sensor	5,6v	Halfreactie; elektrochemische cel
1501-03	600 km op 1 tankbeurt	5hv	Halfreactie; brandstofcel
1504-08	Perovskiet maakt waterstof	5,6v	Elektrolyse; halfreactie
1509-06	Kant en klaar in karton	5hv	Halfreactie;
1510-03	Zink leidt tot nierstenen	5,6v	Halfreactie;
1510-05	Europium slaat neer	5hv	Halfreactie;
1510-10	Membraanloos water splitsen	5hv	Elektrolyse; halfreactie
1601-09	Kobalt reduceert CO ₂	5v	Halfreactie;
1602-11	Smartphone werkt week op brandstofcel	5hv	Brandstofcel; waterstof; elektrolyse
1602-12	Lancering studentenraket TU Delft mislukt	5v	Oxidator; reductor; halfreactie
1609-06	Waterstofproductie krijgt boost	5v	Elektrolyse; waterstof; membraan
1610-07	Armband toont je promillage	5hv	Halfreactie; elektrode
1610-09	Ammoniak als energieopslag	5v	Halfreactie;
1611-03	Nieuwe bus stoot alleen water uit	5hv	Waterstof; brandstofcel; halfreactie
1701-03	Productie van waterstof via elektrolyse	5hv	Elektrolyse; waterstof
1701-07	Power to liquids	5hv	Elektrolyse; waterstof
1702-06II	CO ₂ verandert in alcohol	5hv	Elektrolyse, elektrode, halfreactie
1702-09	Investerings in chloorindustrie	5hv	Elektrolyse; halfreacties; chloor
1703-06II	Nieuwe flowbatterij	5h 5,6v	Elektrochemische cel; halfreactie; oplaadbaar
1704-02	Elektriciteitsopslag en waterstofproductie ineen	5h 5,6v	Elektrolyse; oplaadbaar; halfreactie; elektrode
1704-10	Biocorrosie bedreigt wasmachine	4hv	Corrosie
1705-02	Kalkaanslag vangt zware metalen	5hv	Elektrolyse; halfreactie; elektrode
1802-02III	Groen gas	5hv	Elektrolyse; waterstof; brandstofcel
1802-10	Kracht van ammoniak	5hv	Elektrolyse; waterstof
1803-06	Zo worden spiegels gemaakt	5v	Halfreactie;
1804-04	Studie naar waterstof	4hv	Elektrolyse; waterstof
1804-08	Door korrels fruit langer vers	5hv	Halfreactie;
1805-13	Lubrizol elektrolyse reststroom zoutzuur	5v	Elektrolyse; waterstof
1809-05	Een snufje zout uit kilo's magneet	5v	Elektrolyse; halfreactie

1809-12	Nanopalladium maakt ammoniak	5v	Elektrolyse
1810-01	100 jaar zoutwinning in Twente	5v	Elektrolyse, duurzaam; waterstof
1810-10	Waterstof maakt opgang	5v	Elektrolyse; waterstof; brandstofcel
1901-04	Tanken we binnenkort gerycled plastic?	5,6v	Halfreactie; waterstof

Zie voor de bestelling van oude nummers/jaargangen van Chemie Aktueel, de bijlage bij de e-mail met opgaven voor maart 2019. Of vraag de bestelmogelijkheden aan via info@chemieaktueel.nl

Lege mindmap:

