

LA CANALIZACION DE UN BRAZO DEL RIN, EN HOLANDA^(*)

Los trabajos de rescate de tierras al mar, obra secular en los Países Bajos, se realizan forzosamente en etapas. Concluido el cierre del mar interior, llamado Zuiderzee, éste se ha convertido en un lago y ha recibido el nombre de Ysselmeer, porque desemboca allí el río Yssel. El "Plan Delta", actualmente en ejecución, prevé el cierre de las aguas que separan las islas que constituyen la provincia de Zelanda al Suroeste del país. La canalización de un brazo del Rin, que se describe en el presente artículo, se puede considerar como una fase final de las obras del Zuiderzee y principio del Plan Delta.

La canalización del Bajo Rin y de su prolongación, el Lek, es uno de los proyectos hidráulicos de impresionante magnitud que actualmente se están ejecutando en Holanda. El objeto de esta canalización es doble: por una parte, el mejoramiento de la navegabilidad del Lek, Bajo Rin, y así también del Yssel, que forma parte del enlace entre el Bajo Rin y el Lago de Yssel, y, por otra parte, el mejoramiento de la provisión de agua dulce de las zonas bajas al Norte de Holanda. Esta canalización trascenderá, empero, asimismo, hasta la región occidental del país. En efecto, la materialización de este proyecto guarda íntima relación con las "Obras del Delta" (denominación que sintetiza el cierre de algunos estuarios en el área sudoccidental de Holanda), puesto que si la canalización del Rin-Lek funcionara antes del cierre del Haringvliet, el caudal de agua dulce que refluye hacia el mar vía Rotterdam, podría, estando las presas cerradas, disminuir de tal modo, que el agua salobre, tan perjudicial para la agricultura, penetraría demasiado lejos tierra adentro. Mas una vez cerrado el Haringvliet — en 1968 se cree — por un dique provisto de esclusas de desagüe, una parte conspicua del agua dulce del Mosa y del Waal será forzada a refluir hacia el mar vía Rotterdam, atajándose de este modo el límite salino y compensándose la descarga menor del Rin y del Lek.

El proyecto.

Los planes de canalización de los ríos Rin y Lek nacieron de una idea concebida en la década del treinta para mejorar la navegabilidad del Yssel. Esto debía actualizarse canalizando esta arteria fluvial. Se abandonó, sin embargo, el proyecto por haberse considerado que esta canalización se efectuaría en detrimento de la provisión de agua dulce a los territorios que circundan el Lago de Yssel (lo que resta del Zuiderzee), sobre todo reduciéndola con la prosecución de los endicamientos a su volumen definitivo, cuando precisamente habrían

aumentado considerablemente las necesidades de agua dulce.

La canalización del Lek y Bajo Rin abarca la construcción de tres presas con esclusas, a saber, sucesivamente, en dirección de la corriente: una, muy cerca de la parte baja de Arnhem, en las inmediaciones de Doorwerth; otra, en los contornos de Amerongen, y otra, en los alrededores del pueblo de Hagestein, no lejos de Vreeswijk. Cada presa será capaz de hacer subir el agua normalmente de 2,5 a 3 m. en tiempo de sequedad.

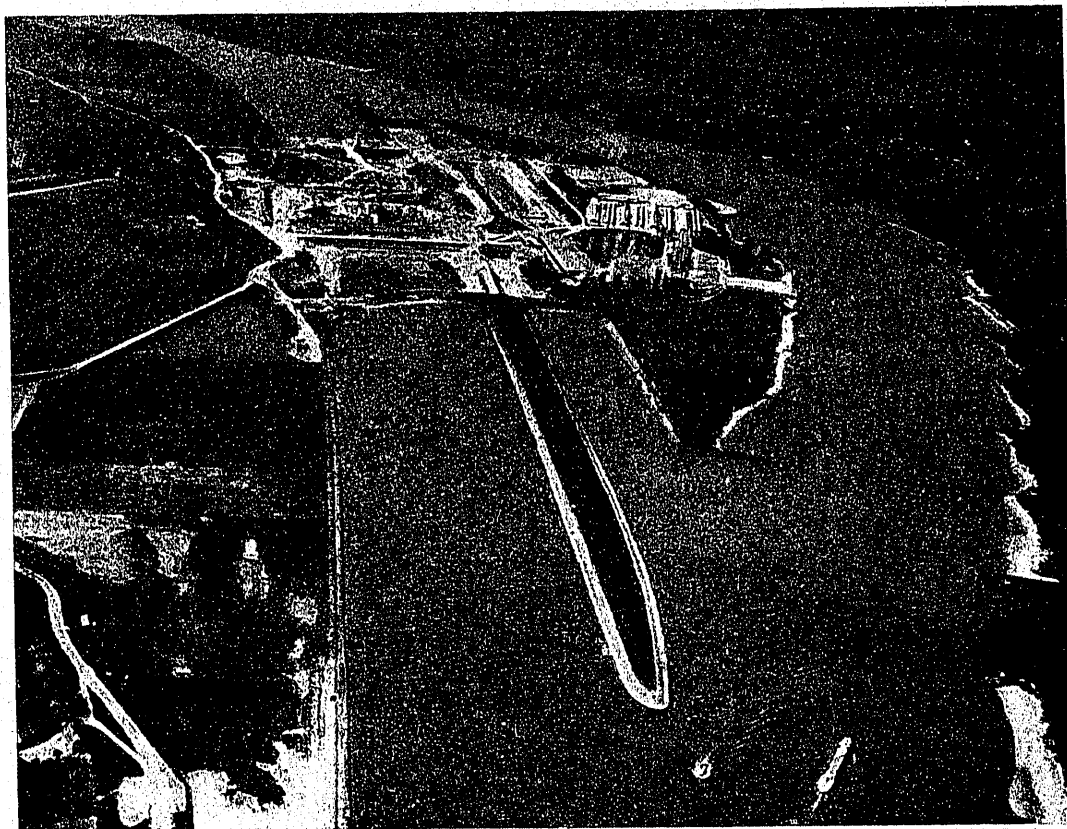
El reparto del desagüe sobre el Yssel y Bajo Rin podrá ser regulado por medio de compuertas deslizantes conexas a la presa que se levantará en los alrededores de Doorwerth, en el Bajo Rin. En tiempos de evacuación hídrica escasa, es decir, en el período de sequedad estival, la presa estará cerrada, de modo que un caudal mayor de agua fluirá por el Yssel. Este último, que actualmente hace refluir hacia el Lago de Yssel un promedio de 10 a 12 por 100 de la evacuación normal del Rin, del orden de 1.700 m.³ por segundo, absorberá en el futuro un promedio de 18 a 20 por 100 de aguas renanas. Se ve, pues, que de esta manera se incrementa la afluencia de agua dulce hacia el Lago de Yssel, pudiendo aprovecharse de ello las provincias septentrionales de Holanda. Esta medida es también beneficiosa para la navegación sobre el Yssel. Gracias al cierre de la presa en las inmediaciones de Doorwerth, el fondo navegable del Yssel se elevará, en efecto, de 1,50 a 2,70 m. aproximadamente en los frecuentes estiajes, adquiriendo el río entonces la profundidad media de los canales modernos, que se sitúa entre 2,50 y 3,00 m. En cuanto al módulo de afluencia vía el Yssel, se cuenta con un mínimo de 250 m.³ por segundo, determinado potencialmente por la navegación, y con un máximo de 350 m.³ por segundo. El gran caudal de agua que habrá de absorber el Yssel a través de la presa cerca de Doorwerth impone el encauzar las obras oportunas en este río. Estas obras consisten en ahondar el fondo. Con objeto de economizar gastos, se reducirá substancialmente la longitud en que el fondo del río debe ser ahondado, cortando dos grandes meandros ubicados en el curso superior del Yssel. Estos cortes presentan, además, la ventaja de suprimir algunos de los recodos desfavorables para la navegación y de acortar

(*) Cortesía de la Embajada Real de los Países Bajos.

adicionalmente en algunos kilómetros el trayecto que deben recorrer los barcos. Entre tanto, ha sido ya cortada una sinuosidad del Yssel, reduciéndose así un tramo navegable de 10 Km. a 5,5.

Las otras dos presas — cerca de Amerongen y de Hagestein — desempeñan la función de mantener el agua a altura conveniente en las diferentes educciones del

La profundidad suficientemente navegable en todo momento del Lek y Bajo Rin, en corrientes generalmente mucho menos rápidas, habilitará una navegación aguas arriba más acelerada. Mientras, como está previsto, la navegación aguas abajo continuará siguiendo la corriente del Waal, donde no existen obstáculos de presas y esclusas; una parte apretada de la navegación aguas arriba



Vista general de las obras que se están ejecutando en Hagestein.

Rin. Opuestamente a la presa superior, en las inmediaciones de Doorwerth, ambas presas a que se acaba de hacer referencia no influirán en la educción misma, sino que aquéllas, como queda dicho, regulan el nivel del agua, particularmente en beneficio de la navegación. La navegabilidad del Lek y Bajo Rin será notablemente mejorada; la profundidad navegable será elevada de 1,60 a unos 2,80 m.

Adyacente a cada presa en Doorwerth, Amerongen y Hagestein, se construye una esclusa para el tránsito de los barcos. Estas esclusas no se utilizarán sino cuando las presas estén cerradas. Si están abiertas, los barcos pueden circular libremente. En los agujajes máximos registrados, la altura del paso es aún de 9,10 m., es decir, igual a la altura de paso mínima en los puentes fijos sobre el Rin, el Waal y el Lek y el canal Amsterdam-Rin.

hará, por lo tanto, uso en lo sucesivo del Lek y Bajo Rin, canalizados en lugar del Waal con su fuerte contracorriente.

Aparte de la construcción de presas y esclusas, se mejorará también el curso, escotará la tortuosidad y bajará el fondo de los ríos Lek y Bajo Rin.

En total se canalizan 70 Km. del Lek y Bajo Rin. Los gastos de las obras de arte solamente se estiman en 70 millones de florines (*). Requerirá doce años de trabajo la culminación del proyecto entero. El ordenamiento de los trabajos se ha planteado de Oeste a Este. Se inician con la presa y esclusa en Hagestein, prosiguen con las obras de arte en las inmediaciones de Amerongen y terminan por las que se llevarán a cabo en Door-

(*) 1 florín holandés = 13,1 frs. belgas = 0,26 USA \$ = £ ing. 0,111.

werth. Todas estas tareas espectaculares van precedidas de intensos ensayos modélicos en el Laboratorio Hidrométrico del Pólder Nordeste.

La presa y esclusa de Hagestein.

A consecuencia de las tremendas inundaciones del 1 de febrero de 1953, hubo que postergar el comienzo de las obras de canalización. En 1954 se licitó el primer concepto, que se refería al levantamiento de diques y la excavación de tierras. En aquel mismo año se empezó la confección del pozo de cimentación (atagüa circular infraestructural) para la presa y esclusa en Hagestein. Estas obras de arte no se construyen en el río, sino junto a él, en el *uiterwaard* (lecho alto del río, invadido por las aguas durante la crecida) meridional del Lek. Por consiguiente, la navegación y educación del agua pueden continuar sin estorbo durante la ejecución de las mismas. Tanto corriente arriba como corriente abajo, se dragarán conductos de admisión del río hacia las nuevas obras de arte y, una vez terminadas estas últimas, se represará el río entre aquellos conductos; con el grupo represador se habrá escotado al mismo tiempo un recodo.

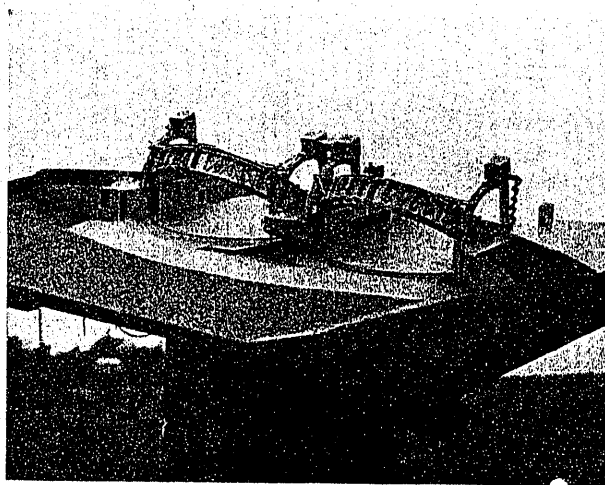
Para la confección del pozo de cimentación el suelo se excavó hasta una profundidad de 5,50 m. bajo el N.M.A. (nivel del mareógrafo de Amsterdam). El pozo, junto con los terrenos laborales conexos, fué rodeado por un dique cuyo coronamiento llega hasta 7 m. sobre el N.M.A., altura suficiente para defender las obras contra el nivel más alto posible del agua fluvial. En el recinto de este dique se prosiguió el ahondamiento del pozo hasta una profundidad de 7,50 m., y en el lugar mismo, allí donde ha de colocarse el machón intermedio de la presa, incluso hasta 14,60 m. bajo el N.M.A. La superficie total del pozo de cimentación es de unas 18 hectáreas.

En enero de 1957 se puso en funcionamiento el drenaje manantial del pozo, con ayuda de 46 bombas sumergidas, cuya capacidad total era de 5 000 m.³ por hora. Este fué el mayor drenaje manantial jamás aplicado en Holanda. El agua manantial fué vertida en el Lek. El conjunto de esta enorme batería de bombas no funciona en continuo, sino sólo a una creciente elevadísima del agua fluvial de 4,75 m. sobre el N.M.A., una altura raramente previsible.

La presa.

El grupo represador tendrá dos aberturas de 48 m. de diámetro, separadas por un pilar intermedio de 14 m. de ancho, de forma que la distancia entre los espigones de las cabeceras se elevará a un total de 110 m. El basamento de estos espigones tiene una profundidad de 7,50 metros bajo el N.M.A. El espesor de la zapata de fundación es de 3 m. y alcanza, por lo tanto, hasta 4,50 m. bajo el N.M.A., o sea, equivalente al futuro nivel del cauce del río. Ambas aberturas se proveen de compuertas

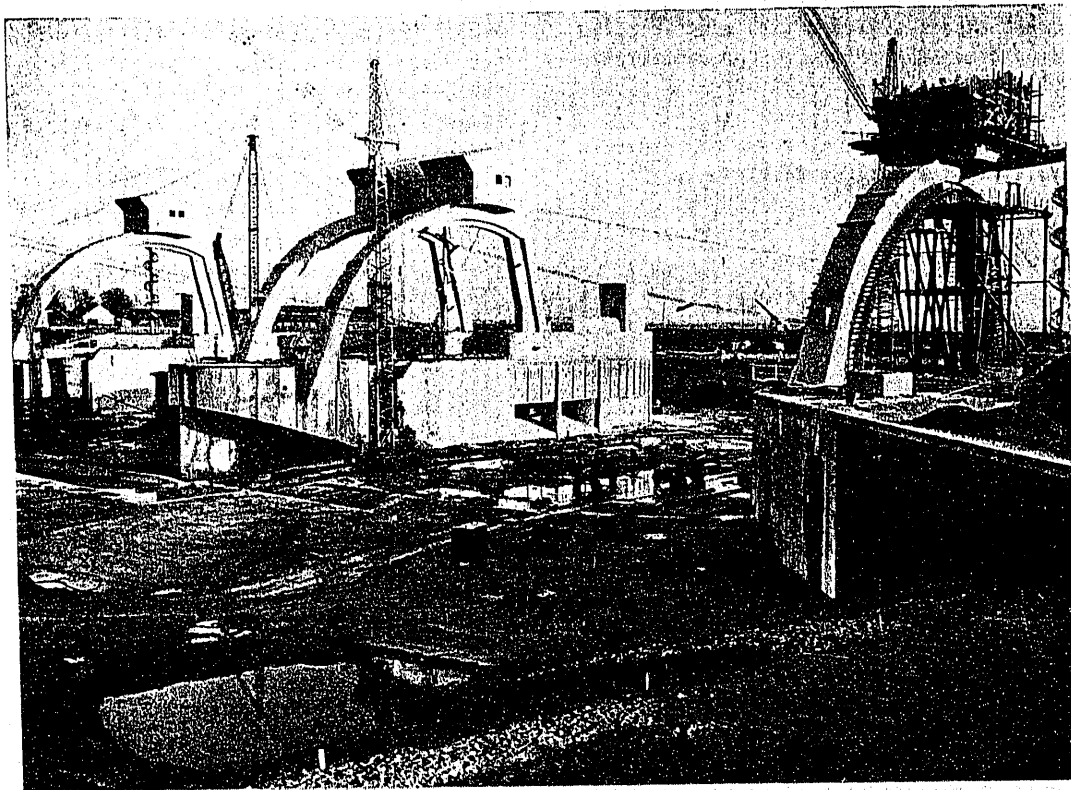
semicirculares deslizantes segmentarias — dichas de “visera” porque evocan en cierto modo la visera de un casco — de 9 m. de alto, las que, en caso de gran aporte de agua o de deshielo, pueden ser levantadas por escalonamiento mediante huinches con cables que discurren sobre estructuras arqueadas de concreto (hormigón) que remontan hasta unos 28 m. sobre el N.M.A. Las compuertas están fijadas con ayuda de dos charnelas a los espigones de las cabeceras y el pilar intermedio. La presión del agua actúa sobre la parte ahuecada de la compuerta, de manera que el esfuerzo de toda la estructura es por tracción. El peso de una compuerta es de 250 toneladas aproximadamente. No precisa subir las compuertas más que hasta un ángulo de 60° para garantizar un paso de 9,10 m. al nivel más alto registrado — 6,13 m. sobre el N.M.A. —. En más o menos dos



Maqueta de la presa en Hagestein. Las compuertas están parcialmente levantadas.

horas y media pueden levantarse las compuertas hasta su posición de altura máxima, para lo cual en ambos lados de la compuerta sólo es menester una fuerza motriz de 6 caballos. Las cámaras de máquinas se hallan arriba de la estructura arqueada de concreto. Se tiene acceso a ellas desde el suelo por medio de escaleras de caracol. El mando de las máquinas es a distancia, desde una central, que se erige sobre un plato entre la presa y la esclusa.

El pilar mediano de concreto, que se halla entre las dos compuertas de “visera” abombadas, mide un largo de un poco más de 76 m. y una altura que no excede de 42 m. El basamento está situado a una profundidad de 14,50 m. bajo el N.M.A.; la zapata de fundación del pilar tiene un espesor de 2,50 m. Este pilar contiene un descargador con una llamada regulación fina incorporada, que permite el ajuste exacto de la educación del agua hasta un caudal próximo a 150 m.³ por segundo. Dicha regulación fina consiste en una turbina — de fabricación holandesa — y una válvula de compuerta de cilindros, ambas colocadas en dos aberturas del descargador. La



Las estructuras arqueadas de hormigón para las compuertas de visera del grupo represador en Hagestein.

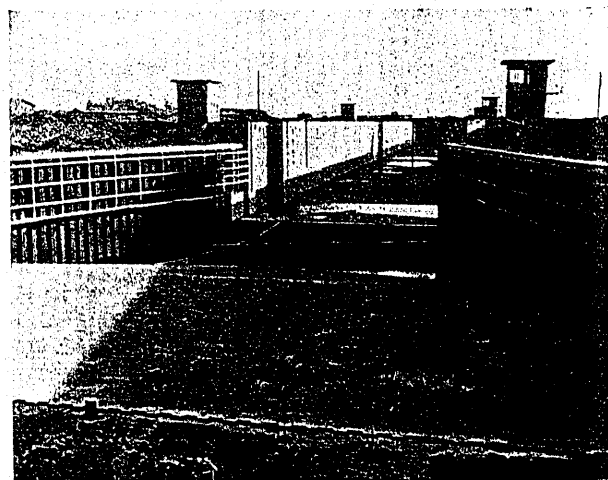
turbina rige la educación del agua hasta 16 m^3 por segundo. Si hay que evacuar más agua, en tal caso entra también en funcionamiento la compuerta de cilindros hasta que se alcanza una educación de 150 m^3 por segundo, que es la máxima de la regulación fina. Si la descarga de agua crece, se abren entonces las compuertas de "visera" en unos 12 cm. (educación, 75 m^3 por segundo, aproximadamente), procediéndose después de nuevo al reajuste de aquélla con la válvula de compuerta de cilindros. Si la educación a través de esta compuerta alcanza otra vez su máximo, se abren las compuertas de "visera" una etapa más. Esto puede repetirse hasta que el nivel del agua fluvial obligue a abrirlas del todo.

La turbina tiene una potencia de, holgadamente, 2 500 CV, a un giro de 62,5 r. p. m. Acciona un generador que, anualmente, podrá excitar unos 6 millones de kilovatios — suficientes para proveer, por ejemplo, una ciudad de 100 000 habitantes de alumbrado urbano y doméstico —, lo que supone un ahorro de unas 3 000 toneladas de carbón. La corriente se utilizará, en primer lugar, para el accionamiento de los diversos electromotores existentes en la presa y su contorno y la esclusa adyacente. El exceso de producción de corriente será entregado a la red pública. Esta excitación de energía eléctrica debe considerarse como una ventaja adicional.

La turbina está provista de un rotor de un diámetro de 4 300 mm. y de paletas movibles y directrices ajus-

tables gobernadas por un regulador de velocidad automático. Este regulador adapta automáticamente la posición de las paletas al desnivel imperante en aquel momento. La altura máxima del salto es de 3,43 m.

Con objeto de que el personal de servicio pueda comunicar entre las dos cabeceras de los espigones de la obra de arte y el pilar central, incluso con las compuertas al-



Vista de la esclusa en Hagestein.

zadas — cuando la pasarela que se encuentra sobre las mismas ya no sea utilizable —, debajo de la solera de la presa se ha construido un túnel de 2×2 m., asequible por ascensores en las cabeceras de los espigones y el pilar central. En este túnel, que mide 140 m. de longitud, se albergan también los cables para los instrumentos mecánicos, cinéticos y el generador, así como los caños de agua corriente, conductos telefónicos, etc.

Para continuar asegurando la repoblación piscícola del río, constrúyense en cada una de las cabeceras de los espigones del grupo represador dos pasos pesqueros: uno, para la "glasaal" ("anguila vítrea", una especie de lamprea joven), y otro para pescado de escamas. La construcción de estos pasos pesqueros está hecha en forma que pueden hacerse observaciones para fines biológicos.

La esclusa.

Adyacente a las presas está ubicada una esclusa para la navegación. El costado superior de la esclusa y el plato están situados a 4,50 m. sobre el N.M.A. El lado inferior de la cámara de la esclusa alcanza hasta 6,40 metros bajo el N.M.A. El desnivel normal será poco más o menos de 2,50 m. La esclusa está dotada de una cabecera intermedia para limitar la pérdida de agua al hacer pasar pocos barcos de uno a otro tramo. La cabecera intermedia subdivide la cámara cuyo largo útil es de 220 m., en dos extensiones de 90 y 110 m. La anchura de la cámara es de 18 m. La esclusa está equipada con puertas zampeadas (de busco obtuso) de acero, que tienen aberturas cerrables por medio de compuertas. En cada puerta encajarán tres compuertas de un tamaño de $1,50 \times 1,40$ m. cada una. A través de estas compuertas se efectúa el llenado y vaciado de la cámara de la esclusa, operación que sólo puede asumir ocho minutos. Las compuertas son movidas por electromotores alojados encima de las puertas de la esclusa. El mando de las compuertas y de las puertas se verifica desde pequeños edi-

ficios levantados sobre las cabeceras de la esclusa. Serán primeramente colocadas las seis puertas zampeadas de acero, pesando 30 Tn. cada unidad, con ayuda de cabrias flotantes, una vez que el agua haya entrado en la esclusa.

Como lugar de estancia de los barcos se construyen canales de admisión de 60 m. de ancho y 150 de largo, canal arriba, y 200 m., canal abajo, ya que se espera que la navegación ascendente será más intensa que la descendente.

Existe la posibilidad de construir una segunda esclusa al Norte de la obra de arte ya ejecutada, caso de que el tráfico naviero lo exigiera en el futuro.

Estado de las obras.

Del grupo presa-esclusa en Hagestein ha quedado listo el hormigonado de esta última; el de la presa se concluirá dentro de poco. Se está ocupando asimismo en el montaje de las dos compuertas de "visera" de acero de la presa, que se terminará este año. Se espera finalizar a mediados de 1961 las obras fluviales conexas restantes, de suerte que al final de 1961 podrá entrar en servicio el grupo entero represador y nivelador de las aguas en Hagestein.

El pozo de cimentación del grupo presa-esclusa en Amerongen se ha realizado en su mayor parte y en el primer semestre de este año podrá llamarse a licitación el hormigonado de la presa y de la esclusa. Mientras tanto, inicióse la ejecución de las obras fluviales conexas. Todo este complejo se habrá acabado en 1964, o sea, tres años después del de Hagestein.

Se halla en pleno apogeo la investigación de laboratorio relacionada con la construcción del grupo presa-esclusa en Doorwerth. De todas maneras, se confía dar comienzo a estas obras aún dentro de 1960.

Los gastos de la canalización Rin-Lek totalizarán, según el presupuesto actual, 145 millones de florines.