

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 32 (1941)

Heft: 15

Artikel: Les bases économiques des installations de thermo-pompage de la nouvelle piscine municipale de Zurich

Autor: Hasler, O.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1057642>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens
et de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

ADMINISTRATION:
Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 5 17 42
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXXII^e Année

N^o 15

Vendredi, 1^{er} Août 1941

Les bases économiques des installations de thermo-pompage de la nouvelle piscine municipale de Zurich.

Par O. Hasler, Zurich.

621.577

Description des projets successifs pour la fourniture d'énergie à la piscine municipale de Zurich et du projet définitif. La puissance thermique considérable de cette intéressante installation, inaugurée le 12 mai 1941, est assurée comme suit par l'électricité:

- 980 · 10⁶ kcal/an par la chaleur perdue des transformateurs, pour le chauffage de l'eau,
- 1317 · 10⁶ kcal/an par deux thermo-pompes, pour le chauffage de l'eau,
- 1815 · 10⁶ kcal/an par trois thermo-pompes, pour le chauffage des locaux (chauffage par rayonnement à basse température et à grande surface),
- 612 · 10⁶ kcal/an par une chaudière électrique pour le chauffage des locaux quand la température extérieure est inférieure à -5° C et pour le renouvellement mensuel complet de l'eau du bassin.

Pour un prix du coke de 75 fr./t, le prix d'équivalence de l'énergie électrique est de 3,06 ct./kWh pour le chauffage de l'eau et des locaux (sans compter la récupération de chaleur perdue des transformateurs). Pour la seule préparation d'eau chaude par les thermo-pompes, le prix d'équivalence est de 6,7 ct./kWh ou de 12,9 ct./kWh pour un prix du coke de 145 fr./t. Selon les températures auxquelles elles travaillent, les cinq thermo-pompes fournissent 2200 à 6350 kcal/kWh. La consommation annuelle totale d'énergie électrique atteint 1,8 million de kWh. Un chauffage par thermo-pompes bien conçu permet donc d'utiliser de l'énergie électrique à un tarif relativement élevé.

Le Service de l'électricité de la Ville de Zurich a pris à sa charge les frais d'installation qui dépassaient ceux d'une installation au combustible, permettant ainsi la réalisation de cette grande installation de thermo-pompage. La Maison Escher Wyss et tous ceux qui se réjouissent du développement de l'économie électrique lui en sont très reconnaissants. Tandis que la thermo-pompe de l'Hôtel-de-Ville de Zurich a dû être installée dans des conditions assez défavorables, celles-ci étaient au contraire excellentes dans le cas de la piscine municipale, car la construction a pu être adaptée dans son ensemble et dès le début à ce nouveau mode de chauffage.

Nous espérons pouvoir fournir ultérieurement de plus amples renseignements sur certains détails de cette remarquable installation. (Réd.)

La piscine municipale de Zurich, inaugurée le 12 mai 1941, marquera dans les annales de l'économie électrique suisse. Cette installation ultra-moderne ne possède aucun foyer, ni aucune cheminée. Cinq grandes thermo-pompes de 92 kW chacune assurent la plus grande partie du chauffage, deux d'entre elles servant à chauffer l'eau, les trois autres à chauffer les locaux et à produire la venti-

Die Entwicklung der Projekte der Energieversorgung des am 12. 5. 41 eröffneten Zürcher Hallenschwimmbades und die schliesslich verwirklichte Lösung werden beschrieben. Der grosse Wärmebedarf dieser technisch und wirtschaftlich höchst interessanten Anlage wird folgendermassen vollständig elektrisch gedeckt:

- 980 · 10⁶ kcal/Jahr aus Transformatoren-Abwärme, für Wasserheizung,
- 1317 · 10⁶ kcal/Jahr aus zwei Wärmepumpen, für Wasserheizung,
- 1815 · 10⁶ kcal/Jahr aus drei Wärmepumpen für Raumheizung (Grossflächen-Niedertemperatur-Strahlungsheizung),
- 612 · 10⁶ kcal/Jahr aus einem Elektrokessel, für Raumheizung bei Aussentemperaturen unter -5° und für Bassin-Neufüllung.

Bei einem Kokspreis von 75 Fr./t errechnet sich für die Warmwasser- und Raumheizung (ohne die Transformatoren-Abwärme) ein Äquivalenzpreis der elektrischen Energie von 3,06 Rp./kWh; für die Warmwasserbereitung durch die Wärmepumpen allein ergibt sich ein Äquivalenzpreis von 6,7 Rp./kWh oder von 12,9 Rp./kWh bei einem Kokspreis von 145 Fr./t. Die fünf Wärmepumpen ergeben je nach den individuellen Arbeitstemperaturen eine Ausbeute von 2200 bis 6350 kcal/kWh. Der jährliche Gesamtaufwand an elektrischer Energie beträgt 1,8 Millionen kWh. Man sieht, dass eine gut projektierte Wärmepumpenheizung relativ hohe Energiepreise zulässt.

Die gegenüber Feuerungsanlagen erhöhten Anlagekosten wurden in grosszügiger Weise vom Elektrizitätswerk der Stadt Zürich übernommen. Das Werk hat damit diese erfreuliche Gross-Wärmepumpenanlage ermöglicht, wofür ihm nicht nur die Erstellerfirma, Escher Wyss, sondern alle, denen der technische Fortschritt und die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft im besondern am Herzen liegt, zu Dank verpflichtet sind. Mussten der Wärmepumpe im Zürcher Rathaus noch sehr ungünstige Verhältnisse zugrunde gelegt werden, so wurden im Hallenschwimmbad optimale technische Voraussetzungen geschaffen, indem der ganze Bau den Eigenschaften dieser Art der Wärmeerzeugung von Anfang an angepasst werden konnte.

Wir hoffen, später über Einzelheiten dieser wegleitenden Anlage berichten zu können. (Réd.)

(Traduction.)

lation. Les pointes de charge sont couvertes par une chaudière électrique de 2000 kW, 6000 V, qui sert également de réserve. Du fait que cette piscine est située à côté de la sous-station de Selnau du Service de l'électricité de la Ville de Zurich (EWZ) et à proximité d'une installation de captage d'eau souterraine, il fut possible d'utiliser cette eau pour le refroidissement des grands transformateurs tota-

lisant 30 000 kVA; l'eau ainsi réchauffée à 28° C environ sert alors à renouveler constamment l'eau du grand bassin de la piscine.

Les nombreux visiteurs des installations thermiques de cette piscine couverte supposent généralement que cette magnifique installation a été projetée dès le début sous sa forme actuelle. En réalité, le premier projet du Département des travaux publics zurichois prévoyait six chaudières à coke d'une capacité horaire totale de $6 \cdot 440\,000 = 2\,640\,000$ kcal. L'Office municipal pour le chauffage calcula que la consommation annuelle de coke atteindrait 965 tonnes, soit 72 300 fr. environ au prix moyen de 75 fr./t, en admettant que la piscine soit fréquentée par 250 000 baigneurs annuellement. Les frais de construction de la chaufferie étaient estimés à 105 000 fr. Cette piscine devant également consommer en été une forte quantité de chaleur pour le réchauffage de l'eau d'appoint et pour les douches, le Service de l'électricité proposa le montage d'une chaudière électrique de 600 à 800 kW, ce qui aurait permis d'utiliser des excédents d'énergie estivale. Entre-temps, la nouvelle installation de thermo-pompage, système Escher Wyss, de l'Hôtel-de-Ville fut mise en exploitation¹⁾. Le compresseur rotatif utilisant le nouveau réfrigérant «Freon» avait fourni dès la première heure la puissance thermique calculée. Le problème du chauffage par thermo-pompes était donc pratiquement résolu. Les défauts qui furent constatés par la suite étaient uniquement d'ordre mécanique, c'est-à-dire d'importance secondaire, et furent successivement éliminés. Pour un travail de 1 kWh fourni au moteur du compresseur, on obtient 1800 à 2100 kcal selon la température de l'eau de la Limmat. Le rendement thermique spécifique par kWh augmente avec la température de l'eau, aussi a-t-on songé à récupérer les grandes quantités de chaleur du trop-plein du bassin de la piscine (environ 22° C) et des douches (environ 30 à 35° C) à l'aide d'une thermo-pompe. A ces températures, 1 kWh permet de récupérer 6000 kcal, tandis que 1 kWh ne fournit que 860 kcal avec une chaudière électrique.

Les forages entrepris à quelques mètres seulement de la sous-station de Selnau donnèrent de bons résultats. On songea alors à utiliser cette eau à 10 ou 12° C pour le refroidissement des transformateurs de la sous-station et à amener l'eau ainsi réchauffée à 28° C à la piscine, dont la température moyenne devait être maintenue entre 22 et 23° C. Le cahier des charges prévoit un renouvellement journalier du 10 % de l'eau du grand bassin.

La consommation annuelle de chaleur pour 250 000 baigneurs fut calculée de la façon suivante, sans tenir compte du chauffage des locaux et en admettant 12 remplissages mensuels complets du bassin:

Renouvellement journalier du 10 % de l'eau	10 ⁶ kcal
du grand bassin	707
Pertes par évaporation	1050
Chaleur nécessaire au bassin	1757
Eau chaude pour les douches	540

Sur ces $1757 \cdot 10^6$ kcal, $980 \cdot 10^6$ kcal peuvent être fournies par la chaleur perdue des transformateurs. Le restant, soient $777 \cdot 10^6$ kcal, peut être récupéré à l'aide d'une thermo-pompe de l'eau de trop-plein et de l'eau des douches, dont la température moyenne est de 26° C. Avec un gain thermique spécifique de 6350 kcal/kWh, il ne faut donc fournir aux bornes du moteur que $\frac{777 \cdot 10^6}{6350} = 122\,000$ kWh.

Les $540 \cdot 10^6$ kcal nécessaires au chauffage de l'eau des douches doivent être soutirées, à l'aide d'une deuxième thermo-pompe, de l'eau du Schanzengraben dont la température varie entre +3° et +20° C. La puissance thermique spécifique de la thermo-pompe baisse en moyenne à 3000 kcal/kWh, au cours d'une année. L'énergie thermique atteint donc $\frac{540 \cdot 10^6}{3000} = 180\,000$ kWh. Le prix d'équivalence pour

ces deux thermo-pompes atteignait 6,7 ct./kWh pour un prix du coke de 7,5 ct./kg, comparativement à 1,25 ct./kWh pour la chaudière électrique, sans tenir compte des frais supplémentaires de ces installations que le Service de l'électricité acceptait de prendre à sa charge.

Le projet comportait encore, à ce moment-là, 4 chaudières à coke avec cheminée, pour le chauffage proprement dit en hiver. Du point de vue commercial, cette solution était la meilleure en tenant compte du prix du coke à cette époque.

Diverses réclamations formulées par des personnes habitant aux environs de la future piscine et qui craignaient d'être importunées par le dégagement de fumée et suie de l'installation de chauffage projetée, incitèrent à envisager également l'emploi de thermo-pompes pour le chauffage hivernal.

L'eau du Schanzengraben, qui coule à côté de la piscine, pouvant être aisément utilisée, les conditions étaient particulièrement favorables. En revanche, la question de la fourniture d'énergie à cette installation de chauffage était plus délicate à résoudre, car la consommation d'énergie de ces thermo-pompes augmente d'une part quand la température extérieure baisse, tandis que d'autre part la puissance thermique spécifique s'abaisse jusqu'à 2200 ou 2000 kcal/kWh.

Nul n'ignore cependant que chaque nouveau domaine d'application de l'énergie électrique exige, de la part des usines, une certaine largeur de vue et parfois un sacrifice financier. Rappelons que le Service de l'électricité de la Ville de Zurich avait accordé, en 1911, pour le premier grand four de boulangerie de 50 kW, système Elektra, un tarif spécial à 3 ct./kWh en moyenne par an, ce qui pa-

¹⁾ Cf. Bulletin ASE 1938, No. 11, p. 261; 1939, No. 2, p. 42.

raissait être fort risqué. A la fin de la dernière guerre, ce même Service de l'électricité a même été plus loin dans cette voie et a accordé des subventions pour l'installation de fours électriques de boulangerie et de chauffe-eau. Dans le but d'ouvrir de nouveaux débouchés à l'énergie électrique, le Service de l'électricité de la Ville de Zurich n'a donc jamais craint de faire des sacrifices financiers.

surmonter le plus simplement cette dernière et importante difficulté, la Direction du Service de l'électricité offrit de prendre à sa charge l'ensemble des frais supplémentaires de 95 000 fr. et de 22 500 fr. pour les pompes et la chaudière électrique. Sa requête auprès de la Direction des Services Industriels fut approuvée et reçut l'assentiment des autorités municipales. C'est ainsi que l'on put entreprendre

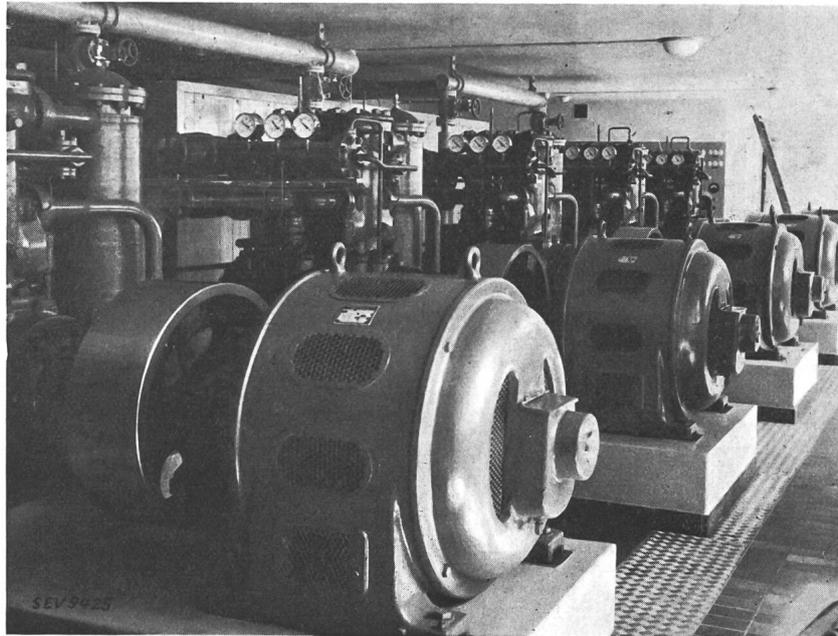


Fig. 1.

Les cinq thermo-pompes de la piscine municipale de Zurich.

Le projet de l'électrification complète de la piscine municipale ne pouvait être réalisé que si le Service de l'électricité accordait un tarif spécial réduit pour les thermo-pompes et participait largement aux frais d'installation beaucoup plus élevés.

Les bases financières du projet définitif étaient les suivantes:

	fr.
Devis pour la chaufferie au coke	105 000
Devis pour le chauffage par thermo-pompes	200 000
Différence	95 000
Coût de la chaudière électrique	22 500

Si l'administration compétente qui s'occupe de la piscine municipale avait pris à sa charge ces frais supplémentaires pour les installations de chauffage électrique, les prix d'équivalence pour les thermo-pompes et pour la chaudière électrique auraient dû être fortement réduits. En outre, aucune entente n'avait pu intervenir au sujet des amortissements annuels. Vu la nouveauté de l'installation de thermo-pompes, l'administration compétente désirait, avec raison, prévoir un amortissement rapide, ce qui rendait le prix d'équivalence plus défavorable encore, soit 3,35 ct./kWh pour l'énergie hivernale. Des difficultés de cet ordre sont toujours à craindre dans le cas de projets de thermo-pompes. Pour

la réalisation de cet intéressant projet, qui constitue une innovation dans le domaine du chauffage des locaux.

Les autres projets du Département des travaux publics se heurtèrent également à certaines difficultés, en particulier en ce qui concernait l'emplacement des nombreux radiateurs nécessaires pour le chauffage des locaux. Le chauffage par rayonnement, c'est-à-dire un chauffage à large surface par tubes chauffants dissimulés dans les parois et le plafond, offrit à cet égard de grands avantages d'ordre esthétique et économique, car la puissance thermique spécifique de la thermo-pompe augmente de 2200 à 2700 kcal/kWh quand la température de l'eau chaude est moins élevée. Les autorités municipales acceptèrent une augmentation du prix d'équivalence de 3,35 ct. au rapport de $\frac{2700}{2200}$ soit à 4,10 ct./kWh, à condition que le Service de l'électricité prenne à sa charge les frais supplémentaires de 21 000 fr. pour le chauffage par rayonnement.

Finalement, les chiffres ci-dessous furent établis pour la consommation de chaleur, les frais annuels, les quantités d'énergie nécessaire au chauffage et les prix d'équivalence calculés sur la base de 75 fr./t de coke, en admettant que la piscine soit fréquentée chaque année par 250 000 baigneurs.

Prix d'équivalence, par rapport à un prix du coke de 75 fr./t.

Frais annuels fr.	Quantité d'énergie kWh/an	Prix d'é- quival. ct./kWh
a) Préchauffage de l'eau souterraine par la chaleur perdue de Selnau $\frac{980 \cdot 10^6 \cdot 75}{4900 \cdot 1000}$ 1) = 14 900		
b) Préparation de l'eau chaude par deux thermo-pompes $\frac{1317 \cdot 10^6 \cdot 75}{4900 \cdot 1000}$ = 20 200	302 000	6,7
c) Chauffage du bâtiment jusqu'à -5° C par trois thermo-pompes $\frac{1815 \cdot 10^6 \cdot 75}{4900 \cdot 1000}$ = 27 800	683 000	4,1
d) Chauffage du bâtiment au-dessous de -5° C et remplissage mensuel complet du bassin, par chaudière électrique $\frac{612 \cdot 10^6 \cdot 75}{4900 \cdot 1000}$ = 9 400	739 000	1,27
Total 72 300	1 871 000	

1) Le premier chiffre des formules indique la consommation de chaleur calculée, en 10^6 kcal. On a admis 4900 kcal/kg de coke comme quantité de chaleur utile pour un chauffage au coke, ce qui correspond à un rendement de $\frac{4900}{7000} = 70\%$.

Le prix d'énergie moyen annuel était donc de

$$\frac{72\,300 - 14\,900}{1\,871\,000} = 3,06 \text{ ct./kWh.}$$

Si l'on avait prévu un chauffage au coke à la place de la chaudière électrique, pour suppléer au chauffage quand la température extérieure est inférieure à -5° C et pour le remplissage mensuel complet du grand bassin, on aurait atteint pour les deux installations de thermo-pompes mentionnées sous

b) et c), un prix moyen de $\frac{48\,000}{985\,000} = 4,87 \text{ ca./kWh}$,

c'est-à-dire un prix d'énergie très avantageux pour une consommation annuelle d'environ un million de kWh.

En se basant sur le prix du coke de 145 fr./t, pratiqué à Zurich au printemps 1941, on obtient les prix d'équivalence théoriques suivants:

b) Préparation d'eau chaude:

$$\frac{6,7}{7,5} \cdot 14,5 = 12,9 \text{ ct./kWh.}^{\circ}$$

c) Chauffage du bâtiment:

$$\frac{4,1}{7,5} \cdot 14,5 = 7,9 \text{ ct./kWh.}$$

Le prix actuel normal du tarif pour les moteurs n'est que de 7,5 ct./kWh. Il s'ensuit que le Service de l'électricité de la Ville de Zurich encaisse ainsi un important supplément de recettes, tandis que les frais d'exploitation de la piscine municipale sont sensiblement plus faibles que pour un chauffage au coke. Le renchérissement des combustibles a augmenté le rendement économique des fournisseurs d'énergie électrique, de même que celui des abonnés. Dans ce cas particulier, l'acceptation du risque inhérent à toute innovation était donc pleinement justifiée.

La Maison Escher Wyss, de Zurich, a d'ailleurs pu augmenter les puissances thermiques spécifiques au-dessus des valeurs minima prescrites dans le cahier des charges. Ce fait aura son importance pour les projets d'autres installations. Au lieu des compresseurs Rotasco prévus, on a finalement utilisé des compresseurs à pistons à 2 étages entraînés directement par des moteurs triphasés à 720 t/min.

En ce qui concerne la partie électrique, une nouveauté intéressante a été réalisée, en substituant aux démarreurs centrifuges des induits à double cage qui ramènent le courant de démarrage à 3,5 fois seulement la valeur de l'intensité nominale. La puissance installée de tous les moteurs de la piscine municipale dépasse 600 kW, de sorte qu'une installation de transformateur d'environ 800 kVA a dû être prévue. Cette installation supporte aisément les courants de démarrage des moteurs des pompes, qui démarrent automatiquement avec un certain retard. Cette innovation s'est également fort bien comportée en pratique. Il faut donc espérer que le moteur à double cage dont la construction est simple sera dorénavant admis pour des puissances plus grandes que cela n'a été le cas jusqu'ici.

Nous indiquerons ultérieurement quelles ont été les puissances thermiques spécifiques obtenues en pratique par les deux groupes de thermo-pompes. Les progrès réalisés dans ce domaine, par rapport à la première installation de thermo-pompes, sont fort réjouissants, car ils augmentent le rendement économique des installations de ce genre, ce qui ne peut que contribuer à leur diffusion.

La protection des constructions métalliques par les enduits antirouille.

Par A. V. Blom, Zurich.

(Communication du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux.)

667.624.6.

Ce rapport résume les essais de protection au moyen d'enduits antirouille entrepris par le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux (EMPA) sur des constructions métalliques d'usines hydroélectriques. Il fait suite au rapport publié dans le Bulletin ASE 1934, No. 14. Ces essais complémentaires ont été exécutés à la demande de PUCS. Le rapport décrit les travaux de décapage du fer, le choix de la couche de fond et de l'enduit de couverture, ainsi que leur application. Pour terminer, l'auteur indique sept règles à observer pour l'application des enduits antirouille.

Im Anschluss an den frühern, hier erschienenen Bericht über die Versuche der Eidg. Materialprüfungsanstalt mit Anstrichen an Eisenbauwerken der Wasserkraftwerke (Bull. SEV 1934, Nr. 14) wird zusammenfassend über den Korrosionsschutz durch Anstrich berichtet. Grundlage hierfür sind die weiteren Versuche, die die EMPA im Auftrage des VSE ausführte. Es wird die Reinigung des Eisens, die Wahl des Grund- und Deck-Anstriches und die Durchführung der Anstricharbeit besprochen. Zum Schluss werden 7 Regeln für den Anstrich gegeben.