

نیاز فناورانه

SHBS
VENTURE

مرکز نوآوری و هم‌آفرینی
صنعت بتن و ساختمان

ارائه‌ی راهکار جهت کنترل رطوبت آنی
مصالح در حین ساخت بتن

پاییز ۱۴۰۳

 hbscoo.com

عنوان نیاز فناورانه

ارائه‌ی راهکار جهت کنترل رطوبت آبی مصالح در حین ساخت بتن

شرح نیاز

• مقدمه و شرح کلی مسئله

بتن یکی از پرکاربردترین مصالح ساختمانی در صنعت ساخت‌وساز و دومین ماده پر مصرف دنیا پس از آب است که به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود مانند مقاومت فشاری بالا، دوام طولانی‌مدت و انعطاف‌پذیری در طراحی، به ماده‌ای اصلی در پروژه‌های عمرانی تبدیل شده است. این ماده با ترکیب سیمان، آب، سنگدانه و افزودنی‌های خاص تولید می‌شود و در انواع سازه‌ها از جمله ساختمان‌ها، پل‌ها، سدها، جاده‌ها و تونل‌ها استفاده می‌شود. معمولاً درصد حجمی اجزای بتن به شرح زیر است:

سیمان: سیمان عامل چسبندگی در بتن است که در واکنش با آب، هیدراته شده و باعث سخت شدن مخلوط می‌شود. معمولاً سیمان در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد حجم کل بتن را تشکیل می‌دهد.

آب: آب نقش اساسی در فرآیند هیدراتاسیون سیمان دارد. نسبت آب به سیمان باید دقیقاً محاسبه شود تا نه تنها مقاومت بتن بهینه باشد، بلکه از شکل‌گیری ترک‌ها و مشکلات دیگر جلوگیری شود. میزان آب معمولاً حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد حجم کل بتن را تشکیل می‌دهد.

سنگدانه: سنگدانه‌ها که شامل شن و ماسه هستند، در حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد حجم بتن را به خود اختصاص می‌دهند. این مواد به عنوان پرکننده به کار رفته و باعث تقویت ساختار بتن و افزایش مقاومت فشاری آن می‌شوند.

افزودنی‌ها: در برخی از بتن‌ها، افزودنی‌هایی برای بهبود ویژگی‌های خاص مانند زمان گیرش، مقاومت در برابر عوامل محیطی و یا کاهش مصرف آب به کار می‌روند. میزان افزودنی‌ها معمولاً کم است و بین ۰/۵ تا ۲ درصد حجم بتن را تشکیل می‌دهند.

یکی از مسائل حیاتی که در فرآیند تولید بتن که نیازمند توجه ویژه‌ای است، اندازه‌گیری دقیق رطوبت مصالح می‌باشد. سیمان مصرفی در کارخانجات بتن آماده (به دلیل حساسیت زیاد به رطوبت) معمولاً در مکان‌های خشک و دور از رطوبت نگهداری می‌شود تا از جذب آب و کاهش کیفیت آن جلوگیری شود. اما سنگدانه‌ها، از جمله شن و ماسه، اغلب در فضای باز و انبارهای روباز دپو می‌شوند و تحت تأثیر بارندگی، رطوبت محیط و تغییرات دمایی قرار دارند. این عوامل سبب تغییر مداوم رطوبت سنگدانه‌ها می‌گردد و علاوه بر متغیر بودن درصد رطوبت در فصول مختلف سال، در لایه‌های مختلف سنگدانه‌ی انباشته شده نیز شرایط محیطی و رطوبتی متفاوتی حاکم است. عدم وجود فضای ایزوله برای نگهداری سنگدانه‌ها و حجم زیاد آن‌ها نسبت به سایر مصالح موجود در ترکیب بتن، ضرورت کنترل رطوبت این مصالح را دوچندان می‌کند.

ارائه‌ی راهکار جهت کنترل رطوبت آنی مصالح در حین ساخت بتن

برخی از تاثیراتی که رطوبت مصالح بر بتن حاصله می‌تواند داشته باشد به شرح زیر است:

خطای طرح اختلاط بتن: اندازه‌گیری رطوبت مصالح کمک می‌کند تا اختلاط مواد در مقادیر درست و متناسب انجام شود. این امر می‌تواند از بروز مشکلاتی مانند عدم رسیدن به اسلامپ مورد نظر طرح، افزایش حجم منافذ و ترک‌ها یا تغییرات غیرمترقبه در زمان سخت شدن بتن جلوگیری کند.

کاهش مقاومت: اگر میزان آب بیش از حد باشد، نسبت آب به سیمان افزایش یافته و باعث کاهش مقاومت فشاری بتن می‌شود.

عدم یکنواختی: رطوبت متغیر در مصالح می‌تواند موجب یکنواختی کمتر در ترکیب بتن شود و کیفیت بتن تولیدی در زمان‌های مختلف قابل اعتماد نخواهد بود.

لذا این پروژه برای پاسخ به چالش‌های فوق تعریف گردیده‌است.

• وضعیت موجود در واحد متقاضی

شرکت همیار بتن شیرکوه در زمینه تولید محصولات پیش‌ساخته بتنی از جمله دیوارهای پیش‌ساخته، زیردیواری‌ها، ستون‌ها و تراورس‌های پیش‌تنیده فعالیت می‌کند. این شرکت از تجهیزات بچینگ آئیمه اتوماتیک داخلی برای بتن‌ریزی محصولات خود استفاده می‌کند. ذخیره‌سازی سیمان مشابه آنچه ذکر شد در سیلوهای عمودی می‌باشد اما سنگدانه‌ها در پشت دیواره‌ی ذخیره‌سازی دپو می‌شوند (شکل ۱ و ۲).



شکل ۲: دپوی سنگدانه و نحوه‌ی برداشت آن با باکت



شکل ۱: سیلوهای نگهداری سیمان

^۱ عدد اسلامپ بتن نشان‌دهنده روانی یا کارایی بتن تازه است و با اندازه‌گیری تغییرات ارتفاع مخروط بتن پس از برداشتن قالب تعیین می‌شود. این عدد به‌طور معمول در واحد سانتیمتر بیان شده و هرچه عدد اسلامپ بیشتر باشد، بتن روان‌تر و قابل‌جریان‌تر است.

^۲ تجهیزات بچینگ به دستگاه‌ها و ماشین‌آلاتی گفته می‌شود که برای اندازه‌گیری، مخلوط کردن و تهیه بتن با ترکیب دقیق مصالح در ایستگاه‌های تولید بتن استفاده می‌شوند.

ارائه‌ی راهکار جهت کنترل رطوبت آنی مصالح در حین ساخت بتن

پس از دپوی شن و ماسه در پشت دیواره، باکت‌ها برای برداشت مصالح به کار گرفته می‌شوند. این باکت‌ها به‌طور مکانیکی و از طریق سیم‌بوکسل‌های فولادی به‌صورت عمودی و افقی حرکت می‌کنند و مصالح را از سطح دیواره برداشت می‌کنند (شکل ۲). پس از برداشت، باکت‌ها مصالح را مستقیماً به داخل مخزن وزن‌کشی (Load cell) منتقل می‌کنند تا مقدار وزنی آن‌ها اندازه‌گیری شود و برای مخلوط شدن با سایر مواد آماده شوند. لازم به ذکر است که در برخی از سیستم‌های بچینگ، مصالح پس از وزن‌کشی وارد نوار نقاله شده و بدین وسیله مسافت مورد نیاز تا رسیدن به مخلوط‌کن را طی می‌کنند.

سپس مصالح داخل میکسر (درام میکسر) ریخته شده و تا زمانی که مخلوطی یکنواخت به دست آید چرخش درام ادامه می‌یابد (شکل ۳). پس از مخلوط کردن مصالح در میکسر، نیاز است آب لازم متناسب با مقادیر تعیین شده در طرح اختلاط به بتن اضافه گردد تا روانی و اسلامپ مورد نظر حاصل شود. در این مرحله رطوبت موجود سنگدانه بسیار حائز اهمیت است و در صورت متغیر بودن آن، آب طرح اختلاط باید اصلاح گردد. روش معمول برای بررسی مناسب بودن آب بتن، کالیبره کردن آمپر میکسر برای رسیدن به اسلامپ مورد نظر است. در این روش با استفاده از داده‌های پیشین می‌توان به رابطه‌ی معناداری میان مقاومت الکتریکی ایجاد شده در میکسر و رطوبت بتن دست یافت. بدیهی است با افزایش رطوبت، روانی بتن افزایش یافته و مقدار مقاومت الکتریکی میکسر برای هم زدن مصالح کاهش می‌یابد و بالعکس. با انتقال این اطلاعات به سیستم کنترل بچینگ (شکل ۴)، مقدار آب لازم برای رسیدن به اسلامپ مورد نظر توسط اپراتور مشخص می‌شود. این روش علی‌رغم کم هزینه بودن و عدم نیاز به تجهیزات خاص، نیازمند دقت بالا و کنترل‌های مداوم توسط اپراتور بچینگ بوده و نمی‌تواند با دقت بالا مقدار آب بتن را تنظیم نماید.



شکل ۳: اختلاط مصالح با درام میکسر



شکل ۴: سیستم کنترل بچینگ

بعد از آماده‌سازی بتن، تخلیه‌ی آن از درام میکسر با چرخش در جهات مختلف به درون کامیون تراک میکسر صورت می‌گیرد. این کامیون وظیفه‌ی حفظ یکنواختی بتن تا زمان تخلیه‌ی آن در محل بتن‌ریزی در قالب‌ها را بر عهده دارد که با چرخش خود مانع از سفت شدن و یا جداسدگی مصالح از یکدیگر می‌گردد. بعد از انتقال به محل بتن‌ریزی، بتن از تراک میکسر به داخل قالب‌ها هدایت می‌گردد. در بتن‌ریزی برخی قطعات، بتن از تراک میکسر به محفظه‌های به خصوصی انتقال داده می‌شود و این محفظه می‌تواند با حرکت در جهات مورد نیاز بدون جابه‌جایی قالب‌ها، به سهولت حجم مورد نیاز بتن را به قالب‌ها منتقل کند (شکل ۵ و ۶).



شکل ۵: انتقال بتن از تراک میکسر به قالب‌ها



شکل ۵: انتقال بتن از تراک میکسر به محفظه‌های بتن‌ریزی

• اهمیت و ضرورت نیاز

همان طور که گفته شد برای دستیابی به کیفیت بالا و یکنواخت بتن در کارخانجات تولید بتن آماده، لازم است اطلاعات مربوط به رطوبت مصالح و به خصوص سنگدانه‌ها در دسترس باشد. به دلیل متغیر بودن مقدار رطوبت در لایه‌های مختلف سنگدانه‌ی دپو شده و تغییر رطوبت در شرایط آب و هوایی مختلف (فصول مختلف سال)، امکان در نظرگیری یک مقدار ثابت و مشخص برای آن وجود ندارد. بنابراین برای ساخت هر بچ بتن مقادیر به خصوصی باید در نظر گرفته شود. به دلیل تغییرات زیاد مشخصات رطوبتی مصالح و زمان‌بر بودن آزمایش درصد رطوبت سنگدانه، امکان تعیین آن با انجام آزمایشات متعدد سنگدانه وجود ندارد. روش مبتنی بر آمپر میکسر نیز نیازمند آموزش و دقت بالای اپراتور بچینگ بوده و دشوار است. لذا ارائه‌ی تجهیزات و یا روشی نوین برای حل این چالش مورد نیاز است.

• پیشینه‌ی مسئله

اندازه‌گیری دقیق رطوبت مصالح به ویژه سنگدانه‌ها در تولید بتن از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا میزان رطوبت سنگدانه‌ها تأثیر زیادی بر ویژگی‌های بتن، از جمله اسلامپ، مقاومت، و پایداری دارد. برای انجام این کار، در طول تاریخ، روش‌های مختلفی توسعه یافته است که در اینجا به پیشینه‌ی برخی از این روش‌ها پرداخته می‌شود.

قدیمی‌ترین و معمول‌ترین روش برای اندازه‌گیری رطوبت سنگدانه‌ها، روش خشک‌سازی است. در این روش، سنگدانه‌ها ابتدا وزن می‌شوند، سپس در دمای معین (معمولاً ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۲۴ ساعت خشک می‌شوند و پس از آن دوباره وزن می‌شوند. تفاوت وزن اولیه و نهایی نشان‌دهنده‌ی میزان آب موجود در سنگدانه‌ها است. این روش دقیق است اما زمان‌بر و هزینه‌بر است و به همین دلیل در محیط‌های صنعتی کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در دهه‌های اخیر، روش‌های مبتنی بر مقاومت الکتریکی برای اندازه‌گیری رطوبت سنگدانه‌ها مورد توجه قرار گرفتند، زیرا این روش‌ها سریع‌تر هستند. در این روش‌ها، از سنسورهای مقاومتی برای اندازه‌گیری رطوبت استفاده می‌شود. این سنسورها مقاومت الکتریکی مواد را اندازه‌گیری می‌کنند و چون مقاومت الکتریکی به رطوبت بستگی دارد، می‌توان از آن‌ها برای تخمین میزان رطوبت سنگدانه‌ها بهره برد. در واقع، آب موجود در سنگدانه‌ها سبب هدایت بیشتر جریان الکتریکی می‌شود. به‌طوری که با اندازه‌گیری مقاومت، می‌توان میزان رطوبت را پیش‌بینی کرد. با وجود سادگی، این روش‌ها دقت لازم را نداشته و بسیار به عملکرد اپراتور بچینگ برای کنترل مداوم آمپرسنج بستگی دارد.

روش جدید اندازه‌گیری رطوبت سنگدانه‌ها، استفاده از سنسورهای رطوبت‌سنج و یا اسلامپ‌سنج است. سنسور رطوبت‌سنج باید داخل سیلوی ذخیره‌سازی سنگدانه‌ها یا در مسیر عبور سنگدانه مانند نوار نقاله‌ها یا میکسر قرار گیرد (شکل ۴ و ۵). در این حالت، سنسور با اندازه‌گیری میزان رطوبت داخل سنگدانه، جریان الکتریکی با ولتاژ مشخص تولید کرده و این سیگنال به نمایشگر یا کارت آنالوگ سیستم کنترل بچینگ (PLC) ارسال می‌شود. این سیگنال‌های ارسالی در نمایشگر و کارت حافظه‌ی سیستم، پردازش و کالیبره می‌شوند. سپس، مقدار رطوبت به‌طور دقیق در اختیار اپراتور قرار می‌گیرد تا بتواند با توجه به میزان رطوبت موجود، مقدار آب مورد نیاز را تنظیم کند. به این ترتیب، مقدار آب بارگیری شده در هر بچ بتن، با توجه به میزان رطوبت سنگدانه‌ها تنظیم می‌شود. این روش دقت بالاتری در تولید بتن با کیفیت فراهم می‌آورد. اسلامپ‌سنج هم سنسور دیگری با عملکردی مشابه رطوبت‌سنج است که باید آن را در دیواره داخلی میکسر دستگاه بچینگ به‌گونه‌ای نصب کرد که سطح سرامیکی آن به‌طور کامل با مخلوط بتن تماس داشته باشد. این سنسور با تولید پالس الکتریکی، اطلاعاتی را در اختیار سیستم قرار می‌دهد. این پالس‌ها می‌توانند به اپراتور اطلاع دهند که مخلوط بتن به اسلامپ مورد نظر رسیده است. علاوه بر این، این اطلاعات می‌تواند برای کنترل سیستم استفاده شود. به‌طوری که پس از رسیدن بتن به اسلامپ مطلوب، دستور تخلیه بتن صادر شده یا در صورت نیاز، مقداری آب به مخلوط افزوده شود. این سیستم باعث افزایش دقت در تولید بتن با ویژگی‌های دقیق و کنترل‌شده می‌شود.

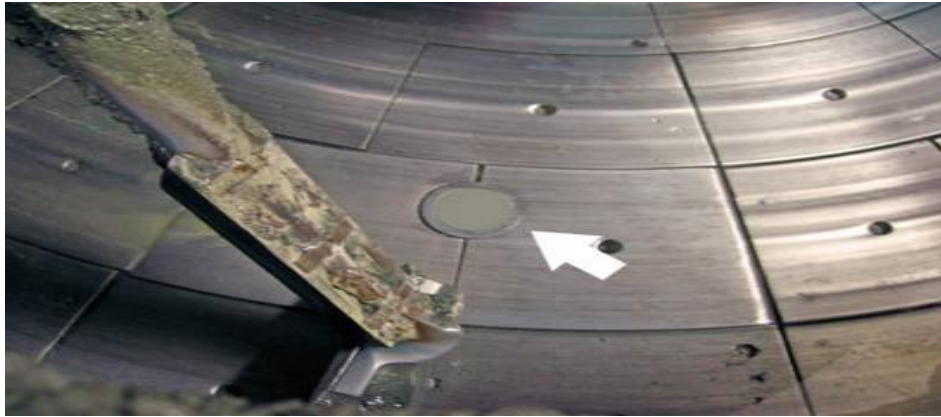
در حال حاضر، شرکت‌های فعال در زمینه تولید و نصب ماشین‌آلات ساخت بتن، از جمله استاندارد ماشین و بهین کنترل صنعت، سنسورهای رطوبت‌سنج و اسلامپ‌سنج وارداتی از آلمان را بر اساس نیاز مشتری و ویژگی‌های فنی دستگاه‌های بچینگ خود، نصب می‌کنند. مکان نصب این سنسورها به نوع دستگاه بستگی دارد و برای تعیین دقیق محل نصب، لازم است نوع بچینگ و قابلیت‌های آن، به‌ویژه امکان به‌روزرسانی یا تغییر سیستم PLC آن، مورد بررسی قرار گیرد. قیمت پایه‌ی این سنسورها (در زمان نگارش این فایل) ۶۰۰۰ یورو می‌باشد.

با وجود کاربرد گسترده این سنسورها در سایر کشورها، به دلیل هزینه بالای تکنولوژی ساخت آن‌ها و عدم تولید بومی این سنسورها، معمولاً این دستگاه‌ها با قیمت‌های نسبتاً بالایی عرضه می‌شوند. این مسئله باعث کاهش استفاده از این سنسورها در شرکت‌های تولید بتن آماده گردیده است. در نتیجه، استفاده از این تکنولوژی‌ها در کشور محدود به پروژه‌های خاص و حساس می‌گردد.

در انتهای فایل، مشخصات سنسورهای تولیدی توسط شرکت Hydronix آلمان که از بزرگترین تولیدکنندگان این سنسورهاست، آورده شده است (پیوست ۱).



شکل ۴: سنسور رطوبت سنج نصب شده در محل ذخیره‌ی سنگدانه



شکل ۵: سنسور رطوبت سنج نصب شده در داخل میکسر

حوزه‌های تخصصی مسئله

- مهندسی مکانیک
- مهندسی برق و الکترونیک
- مهندسی نرم‌افزار و هوش مصنوعی
- مهندسی عمران

حوزه‌ی کاربرد مسئله

- کنترل رطوبت مصالح در صنعت پیش‌ساخته‌ی بتن
- کنترل رطوبت مصالح در ایستگاه‌های تولید بتن آماده

- کنترل رطوبت در کارخانجات تولید سیمان
- نظارت بر رطوبت سازه‌های تاریخی برای جلوگیری از تخریب
- کنترل رطوبت خمیر کاغذ در صنعت کاغذسازی
- اندازه‌گیری رطوبت مواد اولیه در صنایع دارویی و غذایی

رویکردها

۱. رویکردهای ممکن در ارائه‌ی راه حل (راه حل‌های پیشنهادی برای حل مسئله)
 - طراحی سنسورهایی که بتوانند با دقت بالایی در حین عبور مصالح و وزن‌کشی آن‌ها رطوبت مصالح را تعیین کنند و هزینه‌ی تولید و نصب آن از نظر اقتصادی به صرفه باشد.
 - مهندسی معکوس نمونه قطعات خارجی
۲. رویکردهایی که دارای جذابیت نمی‌باشند
 - با توجه به اهمیت و تاثیر موضوع در کیفیت بتن آماده، محدودیتی در ارائه‌ی پیشنهادات وجود ندارد و در صورتی که طرح و ایده‌ی ارائه شده توجیه فنی و اقتصادی لازم را داشته باشد پذیرفته خواهد شد.

ویژگی‌ها و خروجی‌های مورد نیاز فناوری

- طراحی تجهیزاتی با قابلیت تشخیص رطوبت آنی سنگدانه
- ضریب اطمینان و دقت بالای عملکرد روش پیشنهادی و تجهیزات تولیدی
- عدم ایجاد نقص در سیستم پیشنهادی بر اثر شرایط محیطی و یا فشار وارده به وسیله‌ی سقوط مصالح
- قابلیت نصب آسان بر روی سیستم‌های کنترل بچینگ هوشمند و نیمه هوشمند
- ارائه‌ی سطوح دسترسی مختلف به اپراتور بچینگ و قابلیت مانیتورینگ

بعد اقتصادی و مالی رفع مسئله

با توجه به اهمیت موضوع برای واحد متقاضی در صورتی که طرح پیشنهادی توجیه فنی و اقتصادی لازم را داشته باشد، تقاضا برای آن وجود دارد.

مدت زمان مطلوب برای حل مسئله

مدت زمان مطلوب برای رفع این مسئله حدود ۶ ماه می‌باشد.

موارد مورد نیاز برای ارائه در پروپوزال

- تشریح فرایند و روند اجرایی راهکار پیشنهادی
- رویکرد مورد استفاده و تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز
- مشخصات فنی و عملکردی سیستم
- هزینه‌ی پروژه
- زمان لازم برای انجام پروژه

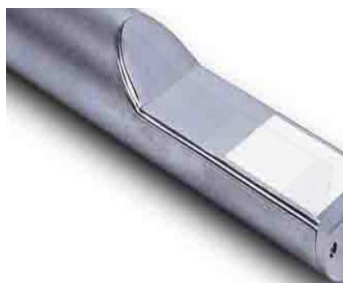
ارسال پاسخ

نوآوران و فناوران محترم پیشنهادات خود را در قالب پروپوزال (طرح پیشنهادی) به همراه رزومه‌ی شرکت و سایر مستندات و مجوزات مرتبط به آدرس ایمیل hbsventure@hbscoo.com ارسال نمایند.

جهت هماهنگی و کسب اطلاعات بیشتر با شماره‌های ۰۳۵-۳۲۶۳۷۶۷۶ و ۰۹۱۳۵۵۰۸۱۸۲ تماس برقرار نمایید.

مهلت ارسال پیشنهادات: پایان بهار ۱۴۰۴

پیوست ۱: مشخصات سنسورهای رطوبت سنج بتن و سیمان شرکت Hydronix



Model This product is already in quote request list.
[Browse the list >>](#)

Description

Designed for use in processing plants which use bins, silos, chutes and conveyors, or feed belts, Hydronix Hydro-Probe Digital Moisture Sensors for Cement & Concrete are positioned into the flow of material. Measurements are taken 25 times per second as the material passes over or around the sensor face, meaning that the sensor can rapidly detect changes in moisture levels. Real time adjustments to the moisture content of the material can then be made during processing if required. This ensures that the manufacturer can continually produce a consistent, quality product and reduce costs by limiting the amount of wasted or spoiled materials.

Hydro-Probe digital moisture sensors for cement can be installed in a variety of locations where there is a flow of material. A range of accessories are available including extension mounting sleeves and clamp rings to assist with fitting.

Typical Applications

- Asphalt production
- Clay bricks
- Concrete production
- Sand and aggregates

Seeking expert advice? Our parts specialists are ready to assist: call (800)792-7427. Return to [Moisture Measurement](#).



Model

Description

Hydronix Hydro-Mix Rugged Digital Moisture Sensors for Concrete Mixers offer a choice of measurement modes for optimizing sensor performance for sand, aggregates, concrete, and similar materials. Sensors are designed to be fitted flush within a mixer, screw conveyor (auger), or in a chute. For conveyor belt applications, Hydro-Mix sensors are installed using the Hydro-Skid pantograph arm enabling the sensor to ride over the surface of the flowing material.

Remote configuration, calibration, diagnostics, and firmware upgrades can easily be undertaken using [Hydronix Hydro-Com Software](#). This allows direct integration with any control system without the requirement of any other interface unit. Combined with onboard functionality such as signal processing, smoothing, and averaging, the Hydro-Mix moisture sensors for concrete mixers are simple to integrate.

Typical Applications

- Asphalt production
- Clay bricks
- Concrete production
- Sand and aggregates